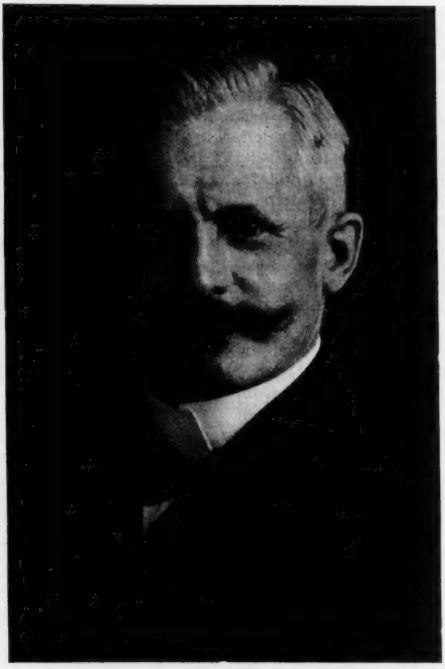
DIE NATURWISSENSCHAFTEN

30. Jahrgang | 21. August 1942 | Heft 34/35

Carl Dorno †.

Von R. Süring-Potsdam.

Mit dem Tode von Prof. Dr. phil et med. h. c. Dorno haben wir einen der erfolgreichsten Meteorologen der Jetztzeit verloren. Ganz auf sich selbst gestellt, hat er jahrzehntelang im eigenen Observatorium in Davos wertvolles Beobachtungs- und Registriermaterial gesammelt, verarbeitet und zu wichtigen Studien über Physik, Meteorologie und Physiologie verwertet. Den Medizinern hat er die richtigen Wege für die Ausnutzung der im Höhenklima liegenden Heilkräfte gewiesen und sich dadurch bleibende Verdienste um die Volksgesundheit erworben.



C Dorno

Carl Dorno wurde am 3. August 1865 in Königsberg (Ostpreußen) geboren. Der anfangs gewählte kaufmännische Beruf hat ihn nicht befriedigt. Mit 33 Jahren, als er sich schon eine angesehene, einflußreiche Stellung gesichert hatte und schon verheiratet war, entschloß er sich, Naturwissenschaften zu studieren, um sich später stiller Forschertätigkeit oder der Hochschullaufbahn zu widmen. Nach zehnsemestrigem Studium promovierte er 1904 mit einer chemischen Dissertation über Brommetacrylsäure und Isobrommetacrylsäure. Aber bald darauf mußte er seine wissenschaftlichen Pläne umstoßen. Seine einzige, damals 11jährige Tochter erkrankte an Tuberkulose, und die Ärzte erklärten, daß das Leiden nur im Hochgebirge heilbar sei. Kurz entschlossen verlegte er seinen Wohnsitz nach Davos, um seine Tochter zu retten. Hier in Davos entfaltete Dorno seine so segensreiche Tätigkeit. Angeregt wurde er hierzu, als er sich die Frage vorlegte: „Womit wirkt das Hochgebirgsklima auf die Kranken so günstig ein?" Die damalige medizinische Literatur versagte hierbei fast vollständig, da sie sich nur auf wenige exakte physikalische Gelegenheitsmessungen stützen konnte. Die Frage mußte Dorno selbst beantworten, und so schuf er — wie er selbst sagte — „aus innerem Zwange, von der Natur selbst diktiert, ohne vorherige Disposition, ja ohne eigentliche Absicht" ein physikalisch-meteorologisches Observatorium in Davos, wozu er innerhalb der ersten 5 Jahre aus eigenen Mitteln rund 50000 Schweizer Franken verwendete.

Die wichtigste, aber auch die schwierigste Aufgabe war die Lösung der Frage: „Wie ist die direkte ultraviolette Sonnenstrahlung im Hochgebirge zusammengesetzt, und wie schwankt sie mit Tages- und Jahreszeit?" Hier zeigte sich Dorno sofort als geschickter Physiker. In Zusammenarbeit mit der Firma Carl Zeiss, Jena, entstand ein neuer Apparat zur Dauerphotographie der äußersten Grenzen des UV. im Sonnenspektrum. Die qualitativen Angaben dieses Apparates wurden anfangs durch das Zinkkugelphotometer von Elster und Geitel, später durch die photoelektrische Cadmiumzelle quantitativ ergänzt. Blauviolette und UV.-Strahlung blieben auch fernerhin das hauptsächlichste Arbeitsgebiet von Dorno und machten ihn namentlich in den Kreisen der Mediziner bekannt. Im weiteren Verlauf seiner Studien hat er sich noch mehrfach mit Neubau, Erprobung oder Verbesserung von Apparaten beschäftigt; so mit der photographischen Dauerregistrierung der Ortshelligkeit, mit dem Graukeilphotometer, mit dem sog. Davoser Pyheliographen von Dorno-Thilenius und vor allem mit dem Davoser Frigorimeter, einem zusammen mit Thilenius gebauten Instrument zur Dauerregistrierung der Abkühlungsgröße. Es ist eines der größten Verdienste von Dorno, aus dem primitiven Hillschen Kata-

thermometer ein physiologisch befriedigendes Instrument zur Registrierung der Abkühlungsgröße und der ein- und ausgehenden Strahlung gemacht zu haben. Ob es allerdings auch zur Registrierung der dem Boden durch Niederschläge zugeführten und entzogenen Wärmemengen ausreicht, ist wohl fraglich.

Als erste Frucht des DORNOschen Observatoriums erschien 1908 eine kleine Abhandlung über die mittägliche Ortshelligkeit von Davos im Vergleich mit Kiel. DORNO hatte sich bei seinen ersten photometrischen Messungen eng an die Methode von Prof. LEONHARD WEBER, Kiel, angeschlossen, wobei sofort überraschende Ergebnisse herausprangen. Das Hochgebirge hat nicht nur eine sehr viel hellere Beleuchtung als die Ebene — die Ortshelligkeit ist im Winter in Davos etwa 6mal so groß wie in Kiel —, sondern auch eine sehr viel günstigere Verteilung dieser Helligkeit über das Jahr.

Sehr bald nach dieser meteorologischen Erstlingsarbeit erschien 1911 die prachtvolle „Studie über Licht und Luft des Hochgebirges", welche eine Zusammenfassung und Bearbeitung der DORNOschen Messungen in den Jahren 1908 bis 1910 enthält. Diese Bearbeitung beschränkt sich aber nicht auf Deutung des Zahlenmaterials, sondern enthält zahlreiche Hinweise auf dessen Verwertbarkeit für klimatische, meteorologische, physikalische, physiologische und biologische Fragen. Neben Strahlungs- und Helligkeitsmessungen sind hier auch luftelektrische Beobachtungen verwertet. Das Buch (153 Quartseiten) erregte weit über die Grenzen Deutschlands und der Schweiz hinaus größtes Aufsehen; man staunte mit Recht sowohl über die Reichhaltigkeit des hier behandelten Fragenkomplexes als auch darüber, daß Messungen und Ausarbeitung von einem einzigen Mann in so kurzer Zeit ohne langjährige Erfahrung durchgeführt werden konnten. Auch in den folgenden Jahren erregten die Arbeitskraft und die physikalische Genauigkeit DORNOS immer wieder Bewunderung.

1912 war für DORNO ein Jahr wichtiger Entschlüsse. Seine Tochter war trotz sorgfältigster Pflege ihrer Krankheit erlegen, und damit war für DORNO die Notwendigkeit, in Davos zu bleiben, entfallen. Obgleich sich die Möglichkeit bot, in Deutschland eine freie und angesehene Forschungstätigkeit zu entfalten, entschied er sich, auch fernerhin seine ganze Lebenskraft der Fortsetzung der bisherigen Studien und — wesentlich unterstützt von seiner Gattin — der charitativen Tätigkeit zu widmen. Er hat die Zeit von 1913 bis 1921 als seine fruchtbarsten Jahre bezeichnet.

Neben Fortsetzung seiner Beobachtungs- und Meßtätigkeit war DORNO besonders literarisch erfolgreich. Als Ergebnis seiner meterologisch-optischen Studien erschienen in den Abhandlungen des Preußischen Meteorologischen Instituts zwei große Arbeiten über „Beobachtungen der Dämmerung und von Ringerscheinungen um die Sonne 1911 bis 1917" und „Himmelshelligkeit, Himmelspolarisation und Sonnenintensität in Davos 1911 bis 1918", ferner als selbständige Bücher: „Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung" (1919) und „Klimatologie im Dienste der Medizin" (1920), beide im Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, daneben noch größere Beiträge in medizinischen Hand- und Lehrbüchern und eine sehr große Zahl von Aufsätzen in meteorologischen, physikalischen, astronomischen, balneologischen und medizinischen Zeitschriften. In diese Zeit fiel auch eine gesteigerte Betreuung kranker Volksgenossen, besonders die Betreuung der während des ersten Weltkrieges als Austauschgefangene in Davos untergebrachten deutschen Krieger. Der Umfang dieser Samaritertätigkeit läßt sich nur ahnen; unvergessen muß jedoch bleiben, daß auch der „Nationalheld der Auslanddeutschen" WILHELM GUSTLOFF zu den Schützlingen der Familie DORNO gehörte. Als der schwer erkrankte GUSTLOFF als „hoffnungsloser Fall" in die Heimat geschickt werden sollte, ermöglichte DORNO eine Kurverlängerung und sorgte nach überraschender Genesung seines Schützlings für langsam gesteigerte Tätigkeit GUSTLOFFS in seinem Observatorium.

Mit der Inflation in Deutschland begannen auch für DORNO, der den weitaus größten Teil seines Vermögens in deutschen Staatsanleihen angelegt hatte, schwere wirtschaftliche Sorgen. Bei einer geradezu spartanischen Einschränkung seiner Lebensbedürfnisse gelang es ihm, das Observatorium und seinen ins ungeheure angeschwollenen wissenschaftlichen Verkehr aufrechtzuerhalten, ohne daß die Außenwelt etwas von seiner Notlage merkte.

Mannigfache Ehrungen wurden DORNO in dieser Zeit erwiesen. Neben zahlreichen Ehrenmitgliedschaften in wissenschaftlichen Gesellschaften verlieh ihm das Preußische Kultusministerium den Professortitel, die Baseler Universität den Grad eines Dr. med. h. c. und die Preußische Akademie der Wissenschaften die Leibniz-Medaille.

Ein Lichtblick war das an DORNO gerichtete Anerbieten, sein Observatorium als besondere Abteilung an das neugegründete Forschungsinstitut für Hochgebirgsphysiologie und Tuberkuloseforschung in Davos anzuschließen (1923). Das neue Forschungsinstitut subventionierte das DORNOsche Obervatorium; die Instrumente blieben Privateigentum von DORNO, und auch in bezug auf Leitung und Arbeitsplan blieb er ganz unabhängig. Trotz dieser wissenschaftlichen Freiheit wurde DORNO so stark durch Beratung von Fachgenossen, Unterrichtskurse, Beteiligung an Kongressen u. dgl. in Anspruch genommen, daß für eigene Forschung nicht genügend Zeit übrigblieb. Er legte daher schon 1926 sein Amt als Observatoriumsdirektor nieder, nicht ohne vorher die Richtlinien für Ausstattung und Arbeitsmethoden eines modernen Strahlungsobservatoriums veröffentlicht zu haben.

In seinem „Ruhestand" beschäftigten DORNO außer der Vollendung kleinerer bioklimatischen Arbeiten (zusammen mit seinem Nachfolger

F. LINDHOLM) zunächst die Aufarbeitung des riesigen Beobachtungsmaterials, welche das von ihm eingerichtete Stationsnetz für Graukeilphotometer und Frigorimeter eingesandt hatte. Die Haupttätigkeit bildete aber die Fertigstellung seiner drei großen meteorologisch-physikalisch-physiologischen Studien, welche nach Art seiner Studie „Licht und Luft im Hochgebirge" das Klima von Muottas-Muraigl, Oberengadin (1927), Assuan in Ägypten (Bearbeitung von Dr. med. LAHMEYER und Prof. DORNO gemeinsam, 1932) und Agra bei Lugano in Tessin (1934) behandelten. Diese „Ruhestandsarbeiten" haben namentlich auf bioklimatisch interessierte Fachgenossen nachhaltigen Einfluß ausgeübt und steigerten die Hochachtung durch die Mitwelt. Schon zu seinem 65. Geburtstag wurde ihm ein Festband der Zeitschrift „Strahlentherapie" von 820 Seiten Umfang gewidmet, an dem sich 64 Mitarbeiter beteiligt haben; weitere Auszeichnungen brachten der 70. und der 75. Geburtstag.

Die Klimabearbeitung von Agra ist die letzte größere Arbeit DORNOS; sie ist auch schon im Titel als „letzte meteorologisch-physikalisch-physiologische Studie" gekennzeichnet, da ein langsam sich verschlimmerndes Augenleiden und andere gesundheitliche Störungen die Arbeitstätigkeit von DORNO schwer behinderten. Nach der Agra-Studie erschienen nur noch kürzere Aufsätze, die hauptsächlich auf dem Grenzgebiet von Meteorologie und Physiologie (z. B. Föhnproblem) liegen. Als seine Gattin im Oktober 1941 starb, war er ganz hilflos. Er hielt sein Leben für „nutzlos und sinnwidrig, da er den Mitmenschen Nahrung, Kleidung, Heizung und Wohnung raube". In der Nacht vom 21. zum 22. April d. J. ist er von uns gegangen.

Mit DORNO ist nicht nur ein großer Forscher, sondern auch ein edler Mensch gestorben. Zeitlebens frei von Bindungen durch vorgesetzte Behörden oder Persönlichkeiten, war er dennoch gegen sich selbst streng bis zum äußersten. Hatte er einmal eine Arbeit angefangen, so hielt er es für seine Pflicht, sie mit größter Sorgfalt zu Ende zu führen, und zwar — wenn irgend angängig — nicht nur zum Nutzen der reinen Wissenschaft, sondern auch zum Wohle der Allgemeinheit. Er mußte sich häufig gegen heftige Angriffe, namentlich aus ärztlichen Kreisen, wehren, und er hat das mit erfreulicher Schärfe und Deutlichkeit getan. Es tut der Hochachtung für DORNO auch keinen Abbruch, wenn man erwähnt, daß er im Kampfe für seine Ideen vereinzelt zu schroff gewesen ist, und daß sein Mißtrauen gegen die Arbeiten anderer bewährter Forscher manchmal ungerechtfertigt war.

Das Ziel, der leidenden Menschheit zu dienen, welches DORNO von Anfang an erstrebte, hat er erreicht; die Wege, welche er seinen Fachgenossen gewiesen hat, werden noch lange gangbar bleiben und weiter ausgebaut werden.

Spezifische Stoffwirkungen bei der Induktion des Nervensystems der Amphibien.

Von F. E. LEHMANN, Bern.

A. Stoffliche Auslösung von Entwicklungsvorgängen als Weg zur Analyse der Eigengesetzlichkeit in der Formbildung von Organen.

In den letzten Jahren haben wir verschiedene Formbildungsvorgänge im Tierreich kennen gelernt, die nur dann ablaufen, wenn sie durch bestimmte Stoffe in Gang gesetzt worden sind. Formbildungsvorgänge werden z. B. durch die Geschlechtshormone bei Wirbeltieren oder durch die Metamorphosehormone der Insekten aktiviert und gesteuert. Beim Amphibienembryo ist es die Anlage des zentralen Nervensystems, die Neuralplatte, die unter dem Einfluß stofflicher Wirkungen entsteht.

Der erste Eindruck, den diese Entdeckungen von morphogenetischen Stoffen hervorriefen, war vielfach der, daß damit ein wesentlicher Einblick in das Geheimnis des Formbildungsgeschehens gewonnen worden sei. Sehr bald aber erwies es sich, daß *die Besonderheit der Leistung in erster Linie im lebenden Gewebe*, das die Form bildet, liegt und nicht im Stoff, der diese verwickelten Vorgänge „nur" in Gang setzt und steuert. Doch wäre es ganz ungerechtfertigt, wenn man diese Einsicht als Eingeständnis hoffnungsloser Resignation bezeichnete, denn sie führt uns zu einem wichtigen Ausgangspunkt formbildungsphysiologischer Analyse. Sobald es uns nämlich möglich wird, einen Formbildungsvorgang, wie die Entwicklung der Neuralplatte des Embryos, durch definierte stoffliche Wirkungen auszulösen, können wir die Bedingungen, unter denen das lebende Gewebe seine Leistung vollbringt, und die Besonderheiten dieser Leistung selbst viel schärfer fassen. Damit gelangen wir freilich nicht zu den stofflichen Grundlagen für die Neuralplattenbildung, die im lebenden Gewebe selbst liegen, aber wir legen als ersten Schritt in unserer Analyse die *Eigengesetzlichkeit* der Neuralplattenbildung fest, die bis heute noch recht unvollkommen bekannt ist, und leisten damit eine unerläßliche Vorarbeit für die eigentlich entwicklungsphysiologische Analyse. Zunächst wäre die konkrete Frage zu stellen: Was ist das Gemeinsame aller Vorgänge, in denen Neuralplatten induziert werden? Nur in Ausnahmefällen werden sämtliche Regionen des Nervensystems induziert, ein Umstand, den bereits SPEMANN nachdrücklich hervorgehoben hat. Vielmehr treten in der Mehrzahl der Fälle nur bestimmte *Regionen* des Nervensystems auf, Regionen, die auch beim normalen Zentralnervensystem durch die vergleichend-anatomische Forschung scharf voneinander geschieden wurden. Dieser *Regionalcharakter der induzierten Neuralgebilde* ist ein Grundmotiv der folgenden Darstellung. Bei der Wirkung lebender Induk-

toren, bei der Empfindlichkeit des Organisators gegen LiCl und bei der Wirkung stofflicher Induktoren, stets treten dieselben, auch vergleichend-anatomisch wohldefinierten Hauptregionen auf. So scheint eine der Gesetzmäßigkeiten in der Formbildung des zentralen Nervensystems darin zu liegen, daß eine *Grundtendenz zur Bildung weniger, in sich komplexer, aber morphologisch gut umschriebener Regionen* besteht. Es ist das Ziel dieses Aufsatzes, zu zeigen, wie verschiedene, voneinander völlig unabhängig entstandene und methodisch zum Teil sehr verschiedenartige Untersuchungen mehrerer Forscher zu dieser einheitlichen Auffassung führen.

B. Die Hauptregionen des Zentralnervensystems der Amphibien und die Frage nach ihren Entstehungsbedingungen.

Das zentrale Nervensystem der Amphibien läßt sich, ebenso wie dasjenige aller anderen niederen Wirbeltiere, in einige sehr verschiedenartige Hauptregionen unterteilen. Diese Gliederung, die sich vergleichend-anatomisch rechtfertigen läßt, bewährt sich, wie ich früher zeigte (LEHMANN 1938, 1941) und wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, bei der Auswertung der neueren entwicklungsphysiologischen Experimente. Sie bietet geradezu den Schlüssel zum Verständnis der regionalspezifischen Wirkung toter Induktoren.

Das Vorderhirn mit den zugehörigen Riechplakoden und das Zwischenhirn mit den Augen fassen wir zusammen zur *vorderen Hirnregion*, die dem *Archenkephalon* der vergleichenden Anatomie entspricht und deshalb auch als *archenkephale Region* bezeichnet werden kann (LEHMANN 1941).

Das Mittelhirn, Kleinhirn und das verlängerte Mark, das *Deuterenkephalon* der vergleichenden Anatomie, mit den dazugehörigen Hirnnerven und den Hörbläschen, den Anlagen des Labyrinthes, rechnen wir zu der *hinteren Kopfregion* oder zur *deuterenkephalen Region*.

In der gesamten Rumpfregion findet sich das Rückenmark mit seinen Spinalnerven und -ganglien, wir nennen es die *spinale Region* des Zentralnervensystems.

Der schmächtigste Teil des Zentralnervensystems liegt im Schwanz, ein dünnes Rohr mit schwachen Spinalnerven und -ganglien sowie reichlich entwickeltem Mesenchym in der dorsalen und ventralen Schwanzflosse, das ebenfalls dem embryonalen Rückenmark entstammt. Es handelt sich hier um die *caudale Region* des Zentralnervensystems.

In der Embryonalentwicklung erscheint die Anlage des gesamten Zentralnervensystems zunächst als einheitliche, stark verdickte Epithelplatte im Ektoderm als *Neuralplatte*. Diese läßt noch nichts von der später auftretenden regionalen Gliederung erkennen. Die verschiedenen Regionen werden erst dann, wenn sich die Neuralplatte zum Neuralrohr geschlossen hat, allmählich erkennbar. Nun grenzt sich die archenkephale von der deuterenkephalen Zone des Hirns ab und diese wieder von der spinalen Zone, während die Grenze zwischen der spinalen und der caudalen Zone nie sehr scharf wird.

Die Untersuchungen SPEMANNS und seines Kreises haben uns gezeigt, daß die Neuralplatte nur dann vom Ektoderm des Embryos gebildet werden kann, wenn es im Verlaufe der Gastrulation vom sog. Urdarmdach unterlagert wird. *Die Neuralplatte wird* durch Wirkungen, die vom Urdarmdach ausgehen, *induziert*. Schon sehr bald nach der Entdeckung der induzierenden Wirkung des Urdarmdaches stellte sich die Frage: *Wie kommen die regionalen Unterschiede in der Neuralplatte zustande?* Zwei Möglichkeiten wurden diskutiert und für beide wurden Argumente ins Feld geführt. Besonders NEEDHAM, WADDINGTON und P. WEISS nahmen an, daß die ganze Neuralplatte durch eine einheitliche, relativ *unspezifische* Wirkung des Urdarmdaches (durch *Evokation*) induziert werde und daß die spätere regionale Gliederung des Nervensystems erst nachher *autonom innerhalb der Neuralplatte* als sog. Individualisierung erfolge. Die entgegengesetzte Möglichkeit wurde schon frühzeitig durch verschiedene Transplantationsexperimente nahegelegt. Diese schienen zu zeigen, daß die Neuralplatte von allem Anfang an *mit ihren regionalen Verschiedenheiten* durch entsprechende *spezifische Wirkungen* des unterlagernden Urdarmdaches induziert werde. Es stehen sich also gegenüber die Möglichkeiten der *unspezifischen Evokation* und diejenige der *regionalspezifischen Induktion*.

C. Die Frage der regionalspezifischen Induktionsleistungen des Urdarmdaches.

Schon in der normalen Entwicklung läßt sich eine deutliche regionale Gliederung des Urdarmdaches erkennen. Am einfachsten ist die Entwicklung des Urdarmdaches in der Rumpfregion, also *im spinalen Bereich* der Neuralplatte. Dort entstehen Chorda und Myotome aus ihm und bilden später die Furche, in die das Rückenmarksrohr zu liegen kommt. Ähnlich verläuft auch die Entwicklung im Schwanz.

Abweichend sind die Entwicklungsleistungen des Urdarmdaches in der *Kopfregion* (Fig. 1). In der hinteren Kopfregion, der *deuterenkephalen* Zone, endigt die Chorda und geht nach vorne über in die sog. prächordale Platte; ebenso endigt hier die Reihe der Muskelsegmente und läuft kopfwärts aus in das unsegmentierte Kopfmesoderm. So wird die deuterenkephale Region unterlagert vom Vorderende der Chorda und dem hinteren Abschnitt der prächordalen Platte, aus dem später die Basalplatte des Knorpelschädels hervorgeht. Die vordere Hirnregion, *das Archenkephalon*, wird in der Mediane unterlagert vom vorderen Teil der prächordalen Platte, die hier ein Teil des Kopfdarmdaches bleibt und seitlich vom mandibularen Mesoderm, der Anlage der Kiefermuskeln und der Augenmuskeln. Die Grenze zwischen archenke-

phaler und deuterenkephaler Urdarmdachzone liegt in der Gegend des Zwischenhirns und ist ziemlich scharf (ROEHLICH 1933, LEHMANN 1938). Seitlich wird sie durch die Hyomandibularspalte, das Homologon der Spritzlochspalte der Selachier, angedeutet.

Zentralnervensystems zu induzieren? Für die zahlreichen zur Beantwortung dieser Frage ausgeführten Experimente wurden 2 verschiedene Versuchsanordnungen benutzt: das sog. „Einsteckexperiment" (SPEMANN, MANGOLD) und das „Ektodermblasenexperiment" (HOLTFRETER, BAUTZMANN).

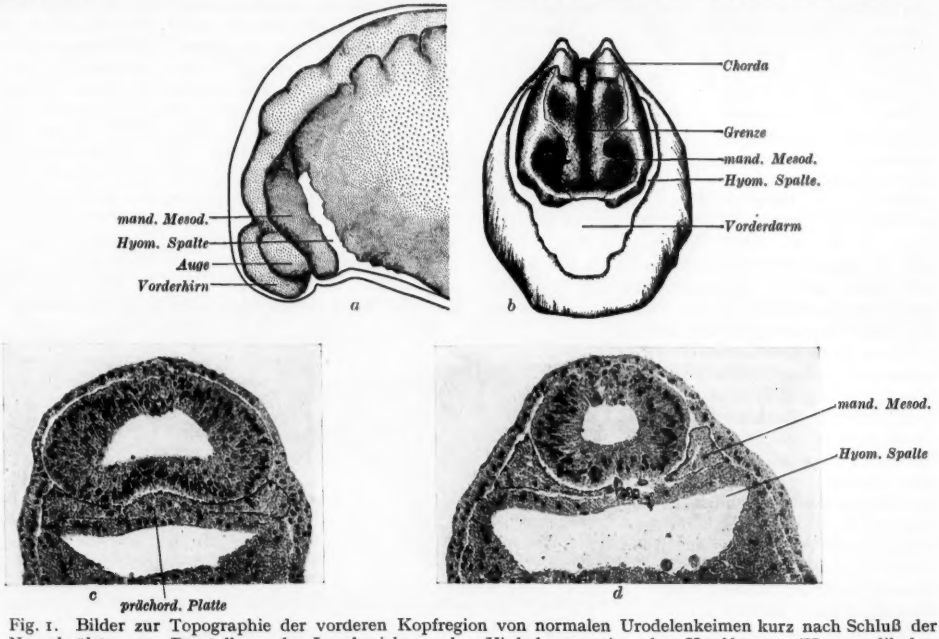


Fig. 1. Bilder zur Topographie der vorderen Kopfregion von normalen Urodelenkeimen kurz nach Schluß der Neuralwülste, zur Darstellung der Lagebeziehung der Kieferbogenregion des Kopfdarmes (Hyomandibularspalte), der prächordalen Platte und des mandibularen Mesoderms. *a* Lateral- und *b* Frontalansicht eines Mesodermmodells vom Kopfende eines Amblystomaembryos (nach ADELMANN 1933). *a* Die Verweislinie „mand. Mesoderm" gibt ungefähr die Grenze zwischen archenkephaler und deuterenkephaler Zone des Gehirns an. *b* Frontalansicht nur des Mesoderms der vorderen Kopfregion. Das Gehirn ist abgehoben, so daß seine gesamte mesentodermale Unterlagerung sichtbar ist. Die tiefen Gruben im mandibularen Mesoderm, in denen die Augenblasen liegen, sind sehr deutlich. Mit „Grenze" ist die Grenze zwischen archenkephaler und deuterenkephaler Zone der medianliegenden prächordalen Platte bezeichnet. *c* Querschnitt durch die archenkephale Zone mit Augenblasenvorwölbungen. Die prächordale Platte ist hier ein Bestandteil des entodermalen Darmdaches. *d* Querschnitt durch die Grenzzone. Prächordale Zellen gefockert, sie liegen nicht im Darmdach. *c)* und *d)* aus LEHMANN 1938.)

Schematisch läßt sich die Unterlagerung der verschiedenen Regionen der Neuralplatte folgendermaßen kennzeichnen:

Archenkephale Zone: Median: Entodermales Vorderdarmdach der Prämandibular- und Mandibularzone. Lateral: Mandibulares Mesoderm (Augen- und Kiefermuskelanlagen).

Deuterenkephale Zone: Median: Hintere prächordale Platte und Chordavorderende (Hyobranchiale Zone) (Basalplatte des Chondrocraniums). Lateral: Kopfsomiten.

Spinale und caudale Zone: Median: Chorda. Lateral: Somiten.

Entsprechen nun der morphologischen Verschiedenheit der Urdarmdachbereiche auch Unterschiede im Vermögen, verschiedene Regionen des

Das *„Einsteckexperiment"* (Fig. 2): Das Stück Urdarmdach, das auf sein Induktionsvermögen geprüft werden soll, wird in das Blastocoel einer jungen Gastrula eingesteckt. Dort gelangt das Stück in der Regel unter die künftige Bauchhaut und kann, wie zahlreiche Beobachtungen zeigen, seine Induktionswirkung entfalten. Je nach der Art der Induktionswirkung kann die künftige Bauchhaut zur Bildung sämtlicher Teile des Zentralnervensystems gebracht werden. Die induzierten Organe liegen häufig so günstig, daß sie die Entwicklung des Wirtsembryos nicht behindern und dementsprechend lange weiter gezüchtet werden können.

Das *„Ektodermblasenexperiment"* (Fig. 3): Hierzu wird ein Stück präsumptives Ektoderm der

jungen Gastrula verwendet, das, isoliert in Zuchtlösung gehalten, unfähig zu jeglicher neuraler Differenzierung ist. Wird auf das frisch ausgeschnittene Ektodermstück der zu prüfende Induktor aufgelegt, so umschließt das Stück mit seinen sich aufwölbenden Rändern bald den Induktor und hüllt ihn allseitig in eine Blase ein. Unter der induzierenden Wirkung des Implantats kann dieses Ektoderm, ähnlich wie die künftige Bauchhaut der Gastrula, je nach der Art des Induktors sämtliche Teile des Zentralnervensystems bilden. Der Nachteil dieser Versuchsanordnung, die kürzere Lebensdauer der Hautblase, wird reichlich aufgewogen durch das Fehlen jeglicher Einflüsse von seiten des Wirtsembryos und seiner Organe, mit denen beim Einsteckexperiment gerechnet werden muß.

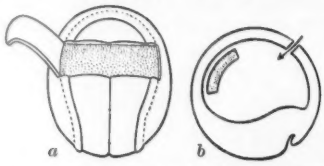


Fig. 2. (Aus MANGOLD 1933.) Schema des Einsteckexperiments. Nachdem bei der Spenderneurula *a* die überlagernde Neuralplatte abgelöst ist, wird das darunterliegende Stück Urdarmdach (punktiert) herausgeschnitten und in das Blastocoel einer jungen Gastrula eingeschoben.

Vor allem liegt es nahe zu fragen, ob *das Urdarmdach* ein *regional verschiedenes Induktionsvermögen* zeigt, wenn es die sich bildende Neuralplatte unterlagert. MANGOLD (1933) hat die Induktionsleistungen des fertig ausgebildeten Urdarmdaches der jungen Neurula im Einsteckversuch geprüft. Zu diesem Zweck wurde das gesamte die Neuralplatte unterlagernde Urdarmdach durch quere Schnitte in ganze Viertel zerlegt und jedes Viertel für sich in einen Wirtskeim eingesteckt. Wenn auch diese Zerlegung etwas willkürlich und nicht entsprechend den natürlichen regionalen Grenzen erfolgte, so zeigen die Resultate doch sehr deutlich: das Induktionsvermögen der einzelnen Viertel ist stark verschieden und vorzugsweise auf die normale Leistung seiner eigenen Region eingestellt (Tabelle 1). Sehen wir ab vom 1. Viertel, das wohl noch seitliches und vorderes Kopfdarmmaterial enthält und das während der Neurulation noch weiter cranialwärts und ventral aus dem Bereich der Neuralplatte herauswandert, und betrachten die folgenden Abschnitte. Diese bilden später die eigentliche Nachbarschaft des Zentralnervensystems. Für die Induktionsleistungen aller Stücke ist es bezeichnend, daß stets *komplexe Neuralgebilde* induziert werden, deren regionaler Charakter für jedes Viertel typisch ist. Das 2. Viertel induziert eine maximale Zahl archenkephaler Gebilde (Vorderhirnteile, Nasen, Augen) (Fig. 4), das 3. Viertel ein Maximum deuterenkephaler Gebilde (Rhombenkephalon, Hörblasen), das 4. Viertel die größte Zahl spinocaudaler Komplexe (Rückenmark, Myotome, Schwänze). Somit zeigt das Urdarmdach in der Phase, in der es die sich bildende Neuralplatte unterlagert und in ihrer Regionalstruktur endgültig bestimmt, selbst in großen Zügen eine *deutliche regionale Staffelung* des Induktionsvermögens. Es wäre denkbar, daß diese Staffelung

Fig. 4. (Aus MANGOLD 1933.) Wirtskeim, in den auf dem Gastrulastadium ein Stück vorderes Urdarmdach eingesteckt worden war, hat sich zu einer freischwimmenden Larve entwickelt. Er trägt in der Bauchregion eine typische archenkephale Induktion (Balancer und Auge sind sichtbar).

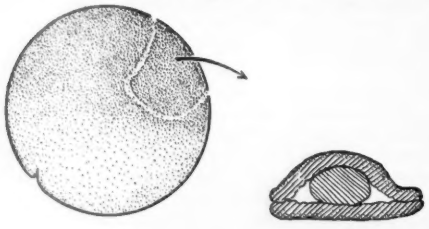


Fig. 3. (Aus HOLTFRETER 1933.) Schema des Hautblasenexperimentes. Aus der jungen Spendergastrula wird Ektoderm ausgeschnitten, der zu prüfende Induktor wird, wie *b* zeigt, zwischen zwei solche Stücke gebracht und von diesen umwachsen.

Tabelle 1. Induktionsleistungen des 1. bis 4. queren Viertels des Urdarmdaches der Neurula (in Prozent der Häufigkeit). (Nach MANGOLD 1933.)

	1	2	3	4
Vorderkopf (Archenk.):				
Nase	5	47	0	0
Auge	9	61	11	0
Vorderhirn	—	94	—	—
Balancer	54	67	14	0
Hinterkopf (Deuterenk.):				
Hörblase	5	67	100	0
Rautenhirn	—	—	100	—
Rumpf (spinal): Muskel	0	7	12	62
Schwanz (caudal)	0	0	0	80

zusammenhängt mit der normalen Staffelung der Anlagen im Urdarmdach, so wie sie weiter oben dargestellt wurde. Jedoch ist dieser Zusammenhang bis jetzt nicht genauer nachgeprüft worden.

Aber nicht nur bei dem im Gastrulationsprozeß eingerollten Urdarmdach läßt sich eine regionale Gliederung nachweisen, sondern schon bei der jungen Gastrula, wenn das *präsumptive Urdarmdach* noch *als Organisator in der Keimoberfläche* liegt. Im folgenden werden wir das präsumptive Kopfdarmdach- und Chordamesodermmaterial je nach seinem Entwicklungsgrad verschieden bezeichnen. Solange es noch in der Keimoberfläche liegt, muß es auf Grund seiner besonderen Potenzen als *Organisator* bezeichnet werden. Ist es bereits *im Keiminneren* als *Urdarmdach* ausgebreitet, ist es wohl noch *Induktor der Neuralplatte*. Es hat aber eine solche Weiterentwicklung seiner Potenzen durchgemacht, daß es nicht mehr Organisator genannt werden darf.

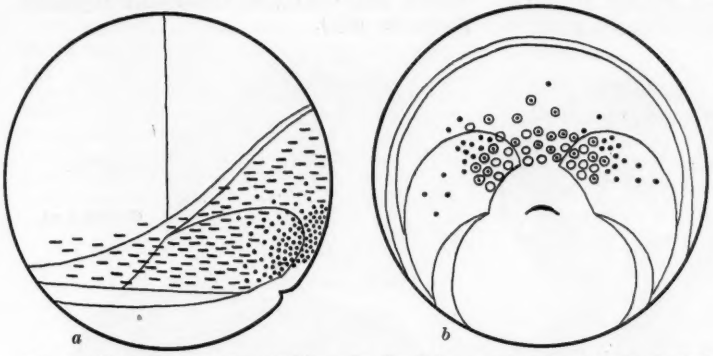


Fig. 5. (Nach HOLTFRETER 1938.) *a* In die Seitenansicht einer jungen Gastrula ist die Ausbreitung von Kopf- und Rumpfschwanzinduktoren eingezeichnet. Punkte: Kopfinduktoren, Striche: Rumpfschwanzinduktoren. *b* In eine Aufsicht auf die Urmundregion der jungen Gastrula ist die Verteilung der im Isolationsversuch erhaltenen Differenzierungen von Nase (Kreis), Auge (Kreis mit Punkt) und Ohrblase (Punkt) eingetragen worden. HOLTFRETER bemerkt dazu in einem Kommentar (l. c. S. 640): „Bei einer Generalisierung des Schemas müßte man auch zur Berichtigung den Kopforganisator bis direkt in die obere Urmundlippe heranreichen lassen, denn gerade das hier gelegene Kopfentoderm besitzt nach unseren Erfahrungen aus anderen Versuchen eine besonders starke Fähigkeit, Gehirnteile zu induzieren. Daß diese Stelle hier weiß blieb, liegt daran, daß dieses Entoderm regulativ kein Ektoderm bildete und daher seine Fähigkeiten nicht demonstrieren konnte."

HOLTFRETER (1938) züchtete Stücke der verschiedenen Organisatorregionen entweder im Hautblasenversuch oder isoliert ohne Ektoderm. Auch das letzterwähnte Verfahren gibt Aufschluß über das Induktionsvermögen, da solche Stücke der Ektodermbildung fähig sind. Solches regulativ gebildete Ektoderm wird je nach dem regionalen Charakter des Explantats zur Bildung bestimmter Regionen des Nervensystems veranlaßt. Aus den Versuchen ergibt sich wiederum (Fig. 5), daß ein Induktionsvermögen für archenkephale Komplexe (Augen, Nasen) vor allem in der cranialsten Region des künftigen Urdarmdaches sitzt, es folgt eine Zone mit stark deuterenkephalem Induktionsvermögen (Hörblasen), und daran schließt sich die Zone spinocaudaler Induktionswirkungen. Freilich lassen sich die Zonen verschiedener Induktionstendenzen nicht scharf gegeneinander abgrenzen, aber ihre Staffelung entspricht ebenfalls annähernd der künftigen Ordnung der Anlagen in der Normalentwicklung. Auch in diesem Fall sollte noch der genauere Zusammenhang zwischen dem morphologischen Anlagenmuster und dem Muster der Induktionstendenzen festgestellt werden.

Alle angeführten Beobachtungen belegen einwandfrei die Tatsache, daß der Organisator und *das Urdarmdach der Amphibien eine deutliche regionale Struktur* besitzen. Dies zeigt schon die Morphologie. Archenkephale, deuterenkephale und spinale Region werden je von einer besonders gebauten Zone des Urdarmdaches unterlagert, eine Tatsache, die merkwürdigerweise bisher kaum beachtet worden ist. Dieser morphologischen Staffelung parallel geht eine Staffelung des Induktionsvermögens. Das Urdarmdach enthält in craniocaudaler Reihenfolge, archenkephale, deuterenkephale und spinocaudale Induktionstendenzen, die sich in der Induktion der entsprechenden *regionalspezifischen Komplexe* äußern. Es liegen bis jetzt keine Hinweise dafür vor, daß das Induktionsvermögen einer Urdarmdachregion in ein Mosaik von Induktionsfeldern für einzelne Organe zerlegt werden kann. Vielmehr scheint z. B. der archenkephale *Komplex als Einheit* induziert zu

Tabelle 2. Phasenspezifische Empfindlichkeit der Organisatorregionen gegenüber 6stündiger Behandlung mit LiCl, ausgedrückt durch die prozentuale Häufigkeit der auftretenden Entwicklungsstörungen. (Nach LEHMANN 1938.)

Stadium		Vordere Hirnregion (Archenk.)	Hintere Hirnregion (Deuterenk.)	Vordere Rumpfregion	Hintere Rumpfregion	Schwanzregion
(Junge Gastrula)	10	14	100	100	58	14
(Sichelf. Urmund)	11	42	75	58	75	0
(Dotterpfropf)	12	77	0	8	92	15
(Schlitzf. Urmund)	13	50	0	0	25	64

werden, die sich nachher *autonom* in die Einzelorgane: Vorderhirn, Zwischenhirn und Augen aufgliedert. Wir bezeichnen das als *Selbstorganisation.*

D. Die regionalspezifische chemische Empfindlichkeit des Urdarmdaches.

Eigene Versuche haben ergeben (LEHMANN 1934—1938), daß die Entwicklung des gesamten Urdarmdaches bei Molchkeimen durch die Einwirkung von LiCl tiefgreifend verändert werden kann. Wurden verschieden alte Gastrulastadien 6 oder 24 Stunden lang in bestimmten Li-Konzentrationen behandelt und nachher wieder in Zuchtlösung verbracht, so zeigten diese Keime später je nach dem behandelten Stadium charakteristische *Regionaldefekte.* Im spinalen Bereich fehlte die Chorda, und im Kopfbereich war vor allem die mediane Zone des Urdarmdaches, die prächordale Platte, betroffen. Bei der Klassifizierung der Defekte erwies es sich als zweckmäßig, das Urdarmdach in Regionen zu unterteilen. Die zu diesem Zweck abgegrenzten Regionen, besonders des Kopfes, haben sich später nicht nur entwicklungsphysiologisch als allgemein verwendbar erwiesen (TOIVONEN), sondern ließen sich, wie ich zeigen konnte, auch vergleichend-anatomisch begründen (LEHMANN 1941).

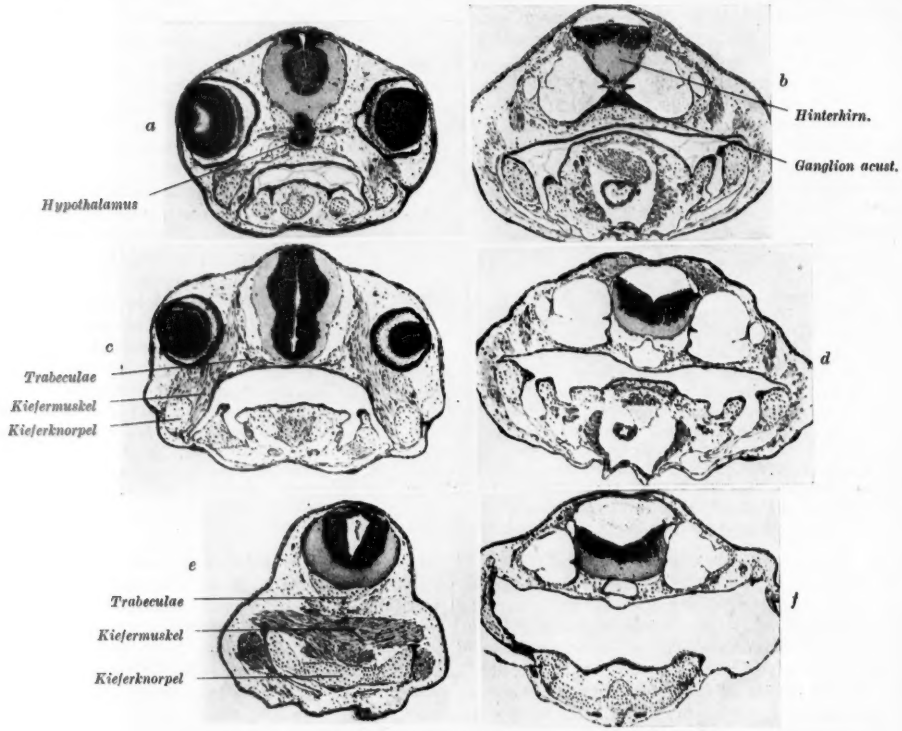


Fig. 6. Verschiedene phasenspezifische Empfindlichkeit der archenkephalen und der deuterenkephalen Region des Mesentoderms auf Li-Behandlung. (LEHMANN 1938.) *c* und *d* Schnitte durch einen gleichalten Normalkeim. *a* und *b* Querschnitte durch den Kopf einer Larve mit vorwiegend deuterenkephalemDefekt. *a* Abgesehen von einer Reduktion des Hypothalamus, ist die vordere Kopfregion normal. *b* Chorda fehlt, Hinterhirn dementsprechend abnorm gebaut, Hörblasen median genähert. *e* und *f* Querschnitte durch Kopf einer Larve mit vorwiegend archenkephalem Defekt. *e* Das hier nicht sichtbare Auge ist zyklopisch, die Trabeculae, die Kiefermuskeln und die Kiefer sind median verschmolzen. *f* Die Hörblasenregion ist normal.

Sehr häufig erschien eine *scharfe Grenze* zwischen der archenkephalen und der deuterenkephalen Zone des Kopfdarmdaches (Tabelle 2). Bei jungen Gastrulastadien erzeugt die Li-Behandlung hauptsächlich Störungen der deuterenkephalen Zone des Organisators (Fig. 6), was sich dann in Entwicklungsstörungen des Deuterenkephalons äußert, während die archenkephale Zone häufig normal entwickelt ist. Bei älteren Gastrulastadien dagegen ist die deuterenkephale Zone unempfindlich, hier

reagiert vor allem die archenkephale Zone mit Störungen (Fig. 6), was sich besonders in der Bildung zyklopischer Hirnteile und Augen äußert. Die Behandlung mit Li deckt also deutliche regionale Unterschiede in der Reaktionsweise des Urdarmdaches auf. Ähnliche regionale Unterschiede zeigen sich übrigens auch gegenüber operativen Eingriffen.

In der spinocaudalen Zone des Organisators finden sich ebenfalls regionale Verschiedenheiten der Li-Empfindlichkeit. Die vordere Rumpfregion ist wohl diejenige Zone des Organisators, welche zuerst Li-empfindlich, aber auch am frühesten wieder Li-unempfindlich wird. Seine empfindliche Phase fällt fast zusammen mit derjenigen des deuterenkephalen Bereiches. Die hintere Rumpfregion wird deutlich später maximal empfindlich, und zuletzt folgt die Schwanzregion.

Die Li-Empfindlichkeit des Organisators führt so in weitgehender Übereinstimmung mit den Induktionsexperimenten zur Abgrenzung folgender Regionen:

archenkephaler Organisator für die Vorderhirnregion;

deuterenkephaler Organisator für die hintere Hirnregion als Übergangszone zum

spinocaudalen Organisator für die Rückenmarksregion.

E. Die regionalspezifische Wirkung toter Induktoren.

Nach allen bis jetzt vorliegenden Befunden kann kein Zweifel mehr daran bestehen, daß die Induktionstendenzen der einzelnen Organisatorregionen

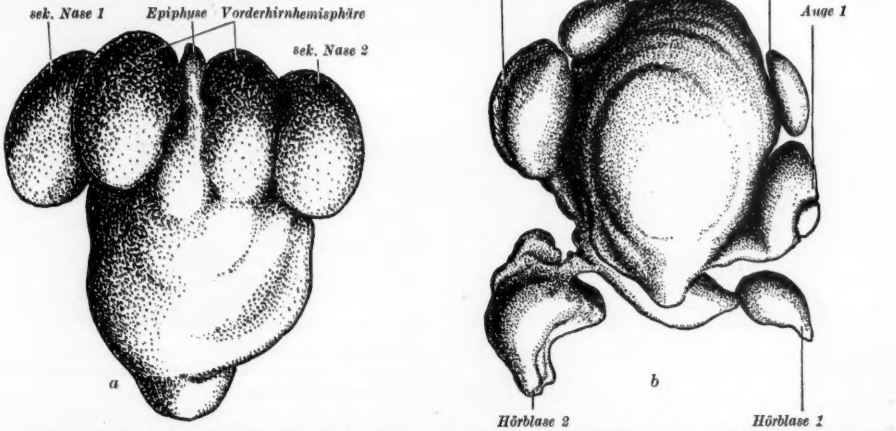


Fig. 7. Archenkephale Induktionen von auffallend symmetrischem Bau, hervorgerufen durch tote Induktoren. (Aus CHUANG 1939.) *a* Typisches Archenkephalon mit Nasen, Vorderhirnhemisphären und Epiphyse, induziert durch Tritonleber im Einsteckversuch. *b* Archenkephalon mit Nasen und Augen, ferner Hörblasen, induziert durch gekochte Mäuseniere im Einsteckversuch.

Die phasenspezifische Reaktion des Organisators auf die Li-Behandlung erlaubt es demnach, einige Regionen abzugrenzen. Wohl am schärfsten abgesetzt ist die vordere Kopfregion oder archenkephale Zone, die auch morphologisch gut begrenzbar ist. Die Rumpf- und Schwanzzone zeigt zwar eine phasenspezifische Caudalverschiebung der Li-empfindlichen Region. Es liegen aber hier keine morphologischen Tatsachen vor, welche eine scharfe Abgrenzung der vorderen und hinteren Rumpf- und der Schwanzregion rechtfertigen. Die Wanderung der empfindlichen Zone kann hier nur als Ausdruck der allmählich craniocaudal fortschreitenden Festlegung der Chorda aufgefaßt werden. Zwischen der Hauptmasse des spinocaudalen Organisators und dem archenkephalen Organisator liegt eine Übergangszone, die des Hinterkopfes: der deuterenkephale Organisator, der in seiner Li-Empfindlichkeit dem spinocaudalen Organisator nahesteht.

verschieden sind. Sie entsprechen annähernd den Aufgaben, welche das Urdarmdach normalerweise zu erfüllen hat. Nachdem sich gezeigt hatte, daß recht verschiedenartige abgetötete Gewebe im Gastrulaektoderm Neuralgewebe induzieren, fragte es sich, ob auch solche „tote Induktoren" regionalspezifische Wirkungen ausüben oder ob sie nur Neuralgewebe ohne typische Regionalstruktur induzieren. Eine klare Entscheidung haben erst neuerdings die Arbeiten von CHUANG (1939, 1940) und TOIVONEN (1940) gebracht, nachdem bereits HOLTFRETERS (1934) Arbeiten das Auftreten von leistungsspezifischen Induktionen unter der Wirkung toter Induktoren nahegelegt hatten.

Die Methode zur Prüfung toter Induktoren ist dieselbe wie diejenige zur Prüfung lebender Induktoren: Einsteckversuch und Ektodermblasenexperiment. Den ersten entscheidenden Beweis für die Leistungsspezifität toter Induktoren erbrachte CHUANG, indem er Stückchen von Mäuseniere oder

Tritonleber in Ektodermblasen wirken ließ. Wie die Tabelle 3 zeigt, ist die Leber ein Induktor, der wie lebende Induktoren *hochorganisierte Neuralgebilde*, und zwar neben Gehirnteilen, Nasen, Augen (Fig. 7) reichlich Hörblasen (Fig. 8) und vor allem auch Muskulatur, Chorda und Schwänze im Ektoderm der Hautblasen induziert. Wohl sind die gebildeten Organe meistens unregelmäßig angeordnet, aber die histologische Struktur der einzelnen Gebilde ist unzweifelhaft erkennbar. Der Niere geht die mesodermale Induktionsfähigkeit ab, dafür induziert sie häufiger archenkephale Organe als die Leber und wesentlich weniger Hörblasen.

Somit läßt sich die *Wirkung gewisser toter Induktoren* in einer Hinsicht mit den Leistungen von

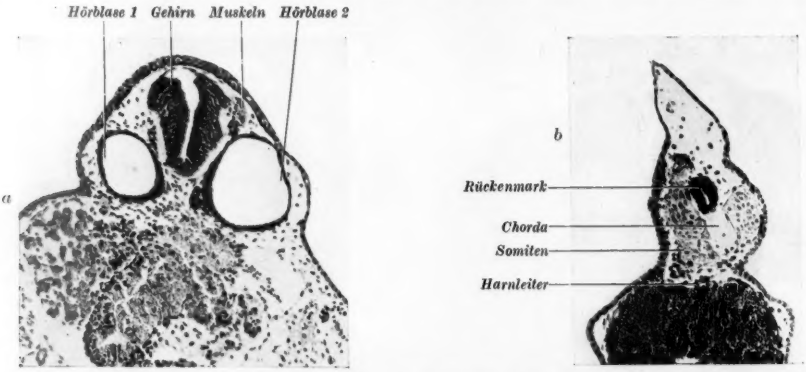


Fig. 8. Deuterenkephale und spinocaudale Induktionen, induziert durch gekochte Mäuseniere (aus CHUANG 1939). *a* Symmetrisches Hinterhirn mit 2 Hörbläschen. *b* Symmetrisch gebaute Rumpfschwanzregion mit Flossensaum, Rückenmark, Chorda und Somiten.

lebenden Induktorstückchen gleichsetzen: nämlich mit der Induktion *komplexer und regionalspezifischer Bildungen* aus reinem Gastrulaektoderm. Wir sehen, daß stoffliche Wirkungen ebenso gut wie lebender Induktor genügen, das Ektoderm zur Bildung differenzierter Hirnteile, Sinnesorgane usw. zu veranlassen. Den anderen Befund von CHUANG, daß abnorme Induktoren auch mesodermale Strukturen und Schwänze induzieren, erörtern wir am besten nach der Besprechung der Resultate von TOIVONEN.

Tabelle 3. Induktionsfähigkeit von Mäuseniere und Tritonleber (in Prozent der Häufigkeit) im Hautblasenexperiment. (Nach CHUANG 1938.)

	Leber	Niere
Vorderkopf (Archenk.):		
(Balancer)	19,0	11,3
Auge	6,3	23,7
Nase	17,4	44,3
Gehirn	82,5	100
Hinterkopf (Deuterenk.):		
Hörblase	68,2	23,7
Spinal: Chorda	44,4	0
Muskulatur	52,6	0
Caudal: Schwanz	41,2	0

TOIVONEN prüfte die Wirkung von 8 verschiedenen Organen im Einsteckversuch. Verwendet wurden Niere des Barsches, des Unglückshähers, der Kreuzotter und des Meerschweinchens, Leber des Barsches, der Kreuzotter und des Meerschweinchens, ferner Thymus des Meerschweinchens. Sämtliche für die Prüfung bestimmten Organstückchen wurden lebensfrisch und fein zerstückelt in 70proz. Alkohol eingelegt. Vor der Operation wurde der Alkohol in steriler Salzlösung ausgewaschen. Es zeigte sich, daß jeder der geprüften Induktoren auch bei der Implantation in einen Wirtskeim ein charakteristisches Wirkungsbild gibt. Um die induzierten Organe übersichtlich klassifizieren und bei der Induktionseffekt einfach kennzeichnen zu können, grenzte TOIVONEN Regionen ab, die denjenigen entsprechen, die ich 1938 gab und die im vorhergehenden Abschnitt eingeführt wurden.

Folgende Induktionsgebilde werden zugerechnet

1. der Vorderkopfregion (der archenkephalen Region): Nase, Auge, Vorderhirn, Zwischenhirn, Balancer;

2. der Hinterkopfregion (der deuterenkephalen Region): Mittelhirn, Nachhirn, Hörbläschen;

3. der Rumpfregion (spinale Region): Rückenmark, Flossensaum, Myotome, Chorda;

4. der Schwanzregion: schwanzartiger Auswuchs, Chorda, Somiten, Neuralrohr.

Werden die induzierten Organe und Organkomplexe in dieser Weise klassifiziert, so zeigt sich, daß die einzelnen Induktoren sehr verschieden wirken (s. Tabelle 4 u. Fig. 9). Hauptsächlich *archenkephale* Bildungen werden induziert von Leber des Barsches, der Kreuzotter und des Meerschweinchens, ebenso von Niere der Kreuzotter. Vor allem *deuterenkephale* Bildungen induziert die Niere des

Unglückshähers. *Deuterenkephale, spinale und caudale* Bildungen, die alle häufig auch Chorda und Somiten enthalten, induzieren die Niere von Barsch und Meerschweinchen.

Tabelle 4. Regionalspezifische Induktionen toter Induktoren (in Prozent der Häufigkeit). (Nach TOIVONEN 1940.)

	Vorderkopf (Archenk.)	Hinterkopf (Deuterenk.)	Rumpf (spinal)	Schwanz (caudal)
Leber:				
Barsch	83	4	0	0
Kreuzotter . . .	100	0	0	0
Meerschweinchen	100	11	0	0
Thymus:				
Meerschweinchen[1])	83 (75 Linse)	0	0	0
Niere:				
Kreuzotter . . .	100	36	0	0
Unglückshäher .	12,5	87,5	31	25
Meerschweinchen	0	85	70	60
Barsch	3	50	62	78

Versucht man die Befunde CHUANGS dieser Klassifikation einzufügen, so würde frische Tritonleber reichlich deuterenkephale, daneben aber auch viele spinale und caudale Gebilde induzieren, während archenkephale Bildungen seltener sind. Bei frischer Mäuseniere ist die Verteilung der verschiedenen Regionalstrukturen ähnlich, einzig sind die Hörblasen etwas geringer an Zahl. (S. Tab. 5.)

Besonders bemerkenswert ist, daß gewisse *Induktoren stark regionalspezifisch* sind; so ist *Kreuzotterniere* ein ausgesprochen *archenkephaler Induktor* (für Vorderkopf), *die Niere des Unglückshähers* vor allem *deuterenkephaler* Induktor (für Hinterkopf) und *Barschniere* hauptsächlich *spinaler* und *caudaler* Induktor. Den Versuchen von TOIVONEN und CHUANG ist gemeinsam, daß die von ihnen verwendeten toten Induktoren ebenso komplex organisierte regionalspezifische Gebilde induzieren können, wie Stückchen lebenden Urdarmdaches.

F. Die Hitzeempfindlichkeit toter Induktoren.

Jede Diskussion über die Leistungsspezifität toter Induktoren muß Rücksicht nehmen auf die von CHUANG festgestellte Tatsache, daß eine *Erhitzung von Induktoren* in kochendem Wasser *die Induktionsleistung weitgehend verändert*. Das gilt in gleicher Weise für Tritonleber und Mäuseniere. Bei *Tritonleber* ist bereits nach Hitzebehandlung von 2 Sekunden die Fähigkeit, Mesoderm, Chorda, Muskulatur und Schwanz zu induzieren, verlorengegangen. Die deuterenkephale Wirksamkeit ist stark reduziert, gemessen an der Zahl der induzierten Hörblasen, während die *archenkephale* Wirksamkeit stark *gesteigert* ist. Noch deutlicher ist dies nach 5 Minuten dauernder Behandlung.

Tabelle 5. Prozentuale Induktionsfähigkeit der Mäuseniere nach verschieden langem Kochen. (Nach CHUANG.)

	Frisch	1 sec	5 min	15 min
Vorderkopf (Archenk.):				
Balancer	8,6	16,5	18,1	35,9
Auge	9,6	6,7	44,0	50,0
Nase	9,1	10,6	39,8	43,7
Gehirn	97,8	87,3	99,3	71,8
Hinterkopf (Deuterenk.):				
Hörblase	63,9	64,1	50,4	31,2
Spinal: Chorda	1,07	13,5	0	0
Muskulatur . . .	27,9	33,0	3,1	0
Vorniere	13,9	8,7	0	0
Caudal: Schwanz	39,7	38,8	7,8	0

Ähnliches gilt auch für die Wirkung der *Mäuseniere* (s. Tabelle 5 u. Fig. 10). Während Erhitzung von 1 Sekunde Dauer die Induktionsleistung nur unwesentlich verändert, beseitigt 5 Minuten dauernde Erhitzung die caudale und spinale Induktionsfähigkeit bis auf Reste, während die archenkephalen Leistungen stark zunehmen. Noch nach Erhitzung von 15 Minuten sind die archenkephalen Leistungen maximal, die deuterenkephalen Leistungen stark reduziert und die spinalen und caudalen völlig ausgeschaltet.

Diese Befunde verdienen Beachtung. Sie zeigen uns, daß es sehr auf die Vorbehandlung der als Induktoren benutzten Gewebe ankommt und daß sich die Leistungsspezifität desselben Gewebes je nach der Vorbehandlung stark verändern kann.

Übereinstimmend zeigen die Versuche an Niere und Leber folgendes: *Der spinocaudale Faktor ist hitzelabil.* Nach 5 Minuten dauernder Erhitzung ist er zum großen Teil verschwunden.

Der archenkephale Faktor scheint wesentlich hitzestabiler zu sein. Er erfährt nach kurzdauernder Erwärmung eine *scheinbare* Verstärkung (s. unten).

In der Mitte scheint der deuterenkephale Faktor zu stehen, der bei Erhitzung ebenfalls abgeschwächt wird, aber langsamer als der spinale und der caudale Faktor.

G. Ein einziger oder mehrere Induktionsstoffe?

In den vorangehenden Abschnitten ist das wichtigste Tatsachenmaterial zusammengestellt worden, das bis jetzt zum Problem der Induktionsstoffe vorliegt. Es gelang, bestimmte Wirbeltierorgane zu finden, welche imstande sind, gewisse regionalspezifische Organkomplexe zu induzieren. Das gefundene komplexe Induktionsvermögen *toter Induktoren* zeigt eine *auffallende Übereinstimmung* mit der Induktionsleistung *lebender Urdarm-*

[1]) *Anmerkung bei der Korrektur.* ROTMANN (diese Z. **1942**, 80) findet an einem großen Versuchsmaterial eine ganz andere Induktionsleistung von abgetöteter Meerschweinchenthymus als TOIVONEN, obwohl ROTMANN dieselbe Methodik anwandte wie TOIVONEN. In ROTMANNS Material finden sich vor allem deuterenkephale (68% Hörblasen) und spinocaudale (58% Chorda, 36% Muskulatur und 46% Schwänze) Induktionen. Nach diesen Befunden würde die Induktionswirkung von Thymus derjenigen der Meerschweinchenniere (TOIVONEN) ähnlich sein.

dachteile, wie sie in Abschnitt B beschrieben wurde, wenigstens was die Qualität der induzierten Organkomplexe anbelangt. Die topographische Ordnung mag allerdings bei Gebilden, die durch lebende Induktoren induziert wurden, besser sein. Immerhin werden zuweilen auch *durch tote Induktoren* überraschend *symmetrische Gebilde induziert* (Fig. 7 u. 8). Genau entsprechend den verschiedenen Urdarmdachregionen gibt es tote Induktoren mit vorwiegend archenkephalen, solche mit vorwiegend deuterenkephalen und solche mit hauptsächlich spinalen und caudalen Faktoren. Das spricht dafür, daß die Wirkung des lebenden Urdarmdaches prinzipiell mit analogen stofflichen Mitteln arbeitet,

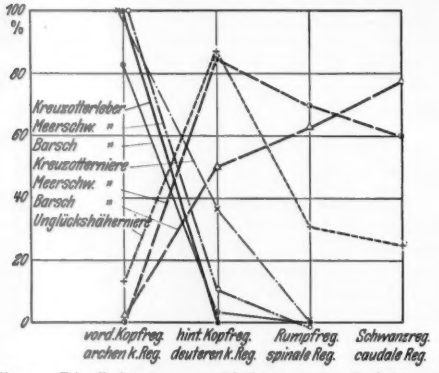


Fig. 9. Die Leistung verschiedener toter Induktoren (nach TOIVONEN), dargestellt durch die prozentuale Häufigkeit regionalspezifischer Induktionen. Vorwiegend archenkephal wirken Induktoren der Lebergruppe, deuterenkephal und spinocaudal Nierenstückchen vom Meerschweinchen, Barsch und Unglückshäher, während die Wirkung der Kreuzotterniere derjenigen der Lebergruppe nahesteht.

wie sie in den toten Induktoren enthalten sind. Der archenkephale Faktor ist relativ hitzestabil, der spinocaudale Faktor dagegen sehr hitzelabil. Dieser Umstand macht es wahrscheinlich, *daß mindestens der archenkephale und der spinocaudale Faktor chemisch verschiedenartig sind*. Ferner scheint es, daß die beiden Faktoren *antagonistisch* sind. Bei den lebensfrischen Induktoren, die CHUANG verwendete, scheint der spinocaudale Faktor gegenüber dem archenkephalen Faktor vorzuherrschen. Sobald aber die Schwächung des spinocaudalen Faktors durch die Hitze zunimmt, verstärkt sich die Wirkung des archenkephalen Faktors in steigendem Maße.

Ferner ist auffallend, daß der deuterenkephale Faktor ebenfalls durch länger dauernde Hitzebehandlung geschwächt wird. Es wird zu prüfen sein, ob dieser Faktor durch ein bestimmtes Mengenverhältnis des archenkephalen und des spinocaudalen Faktors repräsentiert wird, also gar keinen besonderen Stoff darstellt. Auch der Umstand, daß die deuterenkephale Zone eine Übergangsregion zwischen archenkephaler und spinocaudaler Region ist, spräche dafür, daß der *deuterenkephale Induktionseffekt* durch eine *Mischung des archenkephalen Faktors und des spinocaudalen Faktors zustande* käme.

Wie dem auch sei, heute scheint es sehr wahrscheinlich zu sein, daß es auch im lebenden Urdarmdach *mindestens zwei voneinander verschiedene stoffliche Induktionsfaktoren für die Bildung des Nervensystems gibt: den archenkephalen und den spinocaudalen*.

Damit wird die *unitarische Hypothese* von einem Induktionsstoff recht unwahrscheinlich gemacht. P. WEISS (1935, S. 600ff.) und A. DALCQ (1936,

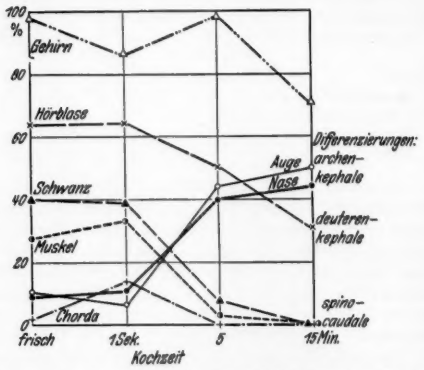


Fig. 10. Die Veränderung der Induktionswirkung der Mäuseniere nach verschieden langem Kochen (nach CHUANG). Die spinocaudale Induktionswirkung erlischt mit längerdauernder Erhitzung, die deuterenkephale Wirkung geht zurück, während die archenkephale Wirkung in der entsprechenden Zeitspanne zunimmt.

S. 321; s. Anm) vertraten die Anschauung, daß die Leistungsspezifität der verschiedenen Regionen des Urdarmdaches einzig durch das quantitativ verschiedene Auftreten des Induktormaterials zu erklären sei[1]). Diese Hypothese trug von vorneherein

[1]) *Anmerkung bei der Korrektur.* Erst jetzt wurde mir eine Publikation von DALCQ [Archives de Biol. 51, 381—586 (1940)] zugänglich, in der er seiner „Quantitätshypothese" eine solche Form gibt, daß sie nicht mehr als streng unitarisch bezeichnet werden darf. l. c. S. 551 betont DALCQ, daß er selbst nie die Möglichkeit ausgeschlossen habe, daß im Organisationszentrum zwei verschiedene Substanzen nebeneinander existieren. DALCQS Hypothese kann nur insofern als quantitativ bezeichnet werden, als sie postuliert (l. c. S. 552), daß es keine (stofflichen) Prinzipien in der kopfinduzierenden Region des Organisationszentrums gäbe, die in der Schwanz- und Rumpfregion fehlten, und umgekehrt. Die hier referierten Experimente reichen selbstverständlich nicht aus, um für oder gegen diese Annahme zu entscheiden. Das wird erst möglich sein, wenn es gelingt, die hitzelabilen und hitzestabilen Induktionsstoffe zu isolieren und auf ihre chemischen Eigenschaften und ihre Induktionswirkungen hin zu studieren.

der morphologischen Ungleichwertigkeit des Urdarmdaches, wie sie in Abschnitt B dargelegt wurde, nicht Rechnung und erschien schon aus diesem Grunde wenig überzeugend. Zudem wurde schon früher von physiologischer Seite gezeigt, daß diese einfache Quantitätshypothese nicht richtig sein kann. SHEN (1939) studierte im Einsteckversuch die Wirkung abgestufter Konzentrationen des wasserlöslichen Kohlenwasserstoffes 1:2:5:6-Dibenzanthrazen-α-β-Endosuccinat. Das Volumen der induzierten Neuralgebilde steigt mit wachsender Konzentration zunächst bis zu einer gewissen optimalen Konzentration, um dann wieder abzunehmen. Auch bei der optimalen Konzentration werden keine höher organisierten Komplexe erzielt. Gibt man auch zu, daß die untersuchte Substanz wohl kaum den natürlichen Induktionsstoffen verwandt ist, so ist der Befund SHENS doch ein schwerwiegendes Argument gegen die Quantitätshypothese. Denn hier haben die Quantitätsunterschiede des Stoffes keinerlei Unterschiede in der Qualität der induzierten Neuralgebilde hervorgebracht.

Es hat keinen Zweck, der Forschung mit Hypothesen vorzugreifen. Die Forschungen von CHUANG und TOIVONEN haben der weiteren Analyse der Induktorstoffe einen gangbaren Weg gewiesen. Bestimmte Wirbeltierorgane enthalten stoffliche Faktoren von verschiedenartiger Hitzeempfindlichkeit, welche imstande sind, ähnlich komplexe Neuralgebilde zu induzieren wie Stücke lebenden Urdarmdaches. Wir haben mindestens mit zwei weitgehend verschiedenen Induktionsstoffen zu rechnen. Da diese Stoffe in Leber und Niere der Wirbeltiere vorkommen, ist der weiteren chemischen Analyse der Induktorstoffe der Weg offen; denn diese Organe dürften auch mengenmäßig für die chemische Aufarbeitung genügen.

So hat das Problem der neuralen Induktionsstoffe eine hoffnungsvolle Wendung genommen, nachdem es mehrere Jahre sehr unübersichtlich geworden war und kaum mehr angreifbar geschienen hatte. Die Verknüpfung verschiedener Richtungen, der vergleichend-morphologischen Betrachtung, der Transplantationsmethode, der chemischen Beeinflussung mit Li, der systematischen Analyse toter Induktoren, hat wesentliche gemeinsame Züge erkennen lassen: eine relativ einfache regionale Gliederung des Organisators und die Übereinstimmung in der Leistung lebender und toter Induktoren.

H. Induktor und Organisator.

Wir kehren zu den Betrachtungen der Einleitung zurück, in denen darauf hingewiesen wurde, daß stofflich induzierte Formbildungsvorgänge besonders gut geeignet seien, die Eigengesetzlichkeit der formbildenden Organanlagen zu kennzeichnen. Dies gilt auch für die Formbildung der stofflich induzierten Neuralgebilde.

Wir dürfen heute mit einiger Sicherheit behaupten, daß die neuralen Induktionsstoffe zunächst im Gastrulaektoderm die Bildung einer Neuralplatte bewirken. Diese bildet die Grundlage für einen regionalspezifisch hochorganisierten Komplex, der im günstigsten Falle eine fast normale bilaterale Symmetrie zeigen kann. Damit ist die Entstehung eines regionalspezifischen Neuralgebildes vergleichbar geworden mit anderen Bildungsvorgängen, wie z. B. demjenigen der Extremität oder des Labyrinthes. Das Stadium der Neuralplatte entspricht dem *ersten Blastemstadium* der Extremitätenanlage und dem Stadium der epithelialen Hörblasenanlage am Ende der Neurulation. Alle diese Anlagen stellen in ihrem Beginn ein relativ wenig gegliedertes System dar ohne deutliches Muster: *Es sind Blasteme mit einheitlichem Funktionszustand.* Diesen Blastemen ist nun eigentümlich *die Fähigkeit zur autonomen Selbstorganisation.* Allmählich entsteht, zunächst noch unsichtbar, ein bestimmtes Anlagenmuster autonom innerhalb des Blastems, als Grundlage für die spätere morphologische Organisation: *ein morphogenetischer Funktionskomplex.* Diesem ersten, unsichtbaren, aber experimentell nachweisbaren Schritt der Selbstorganisation folgt der zweite der eigentlichen Formbildung. Nun *„entwickelt"* sich die gesamte hochorganisierte Form des Gehirnes, des Labyrinthes, der Extremität aus dem Funktionskomplex des Blastems.

Die Rolle der Induktionsstoffe des lebenden Organisators scheint also darin zu bestehen, *zwei evtl. drei große Bezirke mit spezifischen Funktionszuständen im Ektoderm* zu schaffen, den archenkephalen, (den deuterenkephalen) und den spinocaudalen Bereich. *Diese Bereiche organisieren sich* in der Folge *als Neuralplatte weitgehend selbst,* allerdings in deutlicher Beziehung zur Lagerung der benachbarten Urdarmdachbereiche.

Rechtfertigen es die neuen Befunde, *den Begriff des Organisators aufzugeben?* Denn es wird, wie wir sahen, wohl die Bildung des Nervensystems regionenweise durch Stoffe in Gang gesetzt, im übrigen aber sind die eigentlich komplexen Entwicklungsvorgänge der Neuralanlage eine selbstorganisatorische Leistung des Ektoderms. Das Chordamesodermmaterial des Urdarmdaches kann freilich nicht als Organisator des Nervensystems bezeichnet werden. *Es ist der Induktor der Neuralplatte,* wobei wir als Induktoren alle diejenigen Gebilde betrachten, welche durch stoffliche Kontaktwirkung embryonale Formbildungsvorgänge auslösen. Die neurale Induktionsleistung des Urdarmdaches ist besonders kompliziert. Es bestehen, wie gezeigt wurde, wahrscheinlich in craniocaudaler Richtung 2—3 große spezifische Induktionsfelder. Ferner ist die Größe der entstehenden Neuralanlage abhängig von der Größe des induzierenden Urdarmdaches. Dies gewährleistet die richtige Proportionierung des entstehenden Nervensystems (LEHMANN 1926, 1928). Außerdem ist die topographisch richtige Lagerung der induzierenden Urdarmfläche entscheidend für die normale Gestaltung des Nervensystems (LEHMANN 1926, 1935, 1938; HOLTFRETER 1933). Sind diese drei Voraus-

setzungen erfüllt, so läuft die Selbstorganisation der Neuralplatte zum komplizierten Nervensystem normal ab.

Doch außer den besonderen Induktionseigenschaften des eingerollten Urdarmdaches besitzt die *mesentodermale dorsale Randzone der Gastrula*, wie früher zusammenfassend (LEHMANN 1940) gezeigt wurde, Fähigkeiten, welche ihre Bezeichnung als *Organisator* noch heute rechtfertigen. Vor allem liegt im Organisatorgewebe der jungen Gastrula eine ausgesprochene Fähigkeit zur Selbstorganisation, die zusammen mit den reichen Differenzierungstendenzen auch größeren Teilstücken des Organisators eine weitgehende Regulation zur Ganzbildung ermöglicht. Alle diese Fähigkeiten sind im eingerollten Urdarmdach stark eingeschränkt. Deshalb kann dieses nicht mehr als Organisator bezeichnet werden. Die gesamte Organisation der dorsalen Achsenorgane, vom Kopf bis zum Schwanz, beruht in hohem Maße auf dem Vermögen zur Gestaltung, zur Assimilation, zur Selbstorganisation und Regulation, abgesehen von der Fähigkeit zur Induktion des Nervensystems, die dem künftigen Kopfdarmdach und dem gesamten Chordamesoderm der jungen Gastrula eigen ist. So ist es wohl gerechtfertigt, diesem Keimbereich der Gastrula, der bei der Gestaltung des Embryos die führende Rolle spielt, die von SPEMANN geprägte Bezeichnung Organisator vorzubehalten.

Literatur.

HSIAO-HUI CHUANG, Induktionsleistungen von frischen und gekochten Organteilen (Niere, Leber) nach ihrer Verpflanzung in Explantate und verschiedene Wirtsregionen von Tritonkeimen. Roux' Arch. **139**, 556—638 (1939) — Weitere Versuche über die Veränderung der Induktionsleistungen von gekochten Organteilen. Roux' Arch. **140**, 25—38 (1940). — A. DALCQ, L'organisation morphogénétique de l'œuf des Amphibiens aux stades blastula et jeune gastrula. C. r. Soc. Biol. Paris **123**, 319—322 (1936) — L'œuf et son dynamisme organisateur. Paris: Michel 1941. — JOH. HOLTFRETER, Regionale Induktionen in xenoplastisch zusammengesetzten Explantaten. Roux' Arch. **136**, 466—550 (1936) — Differenzierungspotenzen isolierter Teile der Urodelengastrula. Roux' Arch. **138**, 522—656 (1938). — F. E. LEHMANN, Regionale Verschiedenheiten des Organisators von Triton, insbesondere in der vorderen und hinteren Kopfregion, nachgewiesen durch phasenspezifische Erzeugung von lithiumbedingten und operativ bewirkten Regionaldefekten. Roux' Arch. **138**, 107—158 (1938) — Organisationszentrum und autonomes Anlagenmuster bei der Gastrula der Amphibien. Naturwiss. **28**, 231—237 (1940) — Die Sonderstellung des Zwischenhirns in der vergleichenden und experimentellen Embryologie. Schweiz. med. Wschr. **71**, 485—489 (1941). — O. MANGOLD, Über die Induktionsfähigkeit der verschiedenen Bezirke der Neurula von Urodelen. Naturwiss. **21**, 761—766 (1933). — S. C. SHEN, A quantitative study of amphibian neural tube induction with a water-soluble hydrocarbon. J. of exper. Biol. **16**, 143—149 (1939). — H. SPEMANN, Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der Entwicklung. Berlin 1936. — S. TOIVONEN, Über die Leistungsspezifität der abnormen Induktoren im Implantatversuch bei Triton. Ann. Acad. Sci. Fenn. **55**, 7—150 (1940). — P. WEISS, The so-called organizer and the problem of organization in amphibian development. Physiologic. Rev. **15**, 639 bis 674 (1935).

Isotypie und Isomorphie[1]).

(I. Mitteilung zur Kristallchemie.)

Von H. STRUNZ, Berlin.

I.

Nachdem die Begriffe Isotypie und Isomorphie in letzter Zeit gelegentlich abgewandelt worden sind, jedoch bei der Abfassung der Mineralogischen Tabellen (1) klare Definitionen festzulegen waren, sehe ich mich veranlaßt, die von mir gewählten Begriffsfassungen im einzelnen näher zu begründen. Es sei mir erlaubt, an die Spitze der vorliegenden Ausführungen einige grundlegende Sätze von P. v. GROTH zu stellen, der größten Autorität auf dem Gebiete der Kristallchemie während fast eines halben Jahrhunderts. Es stammen folgende Absätze 1 und 4 aus GROTHS „Tabellarische Übersicht der einfachen Mineralien", Braunschweig 1874 (2), die Absätze 2 und 3 aus der Festrede „Über die Molekularbeschaffenheit der Kristalle", gehalten vor der Akademie der Wissenschaften zu München 1888 (3).

P. v. GROTH sagte: „Es sind leider in den letzten Dezennien, und ganz besonders in den letzten Jahren, über den Begriff der Isomorphie so viele und verwirrende Meinungen geäußert worden, daß es nötig ist, an dieser Stelle auszusprechen, was der Verfasser unter Isomorphie versteht, obgleich diese Definition für jeden Chemiker nur Selbstverständliches enthalten kann. Nach derselben sind 2 Körper isomorph, wenn sie analoge Zusammensetzung haben, in demselben Kristallsystem, mit sehr ähnlichen Winkeln der Flächen, kristallisieren und die Fähigkeit besitzen, sowohl sich in variierenden Verhältnissen zu homogenen Kristallen (isomorphen Mischungen), welche nicht die Eigenschaften mechanischer Gemenge haben, zu mischen, als auch die Kristalle des einen in der Lösung des anderen Körpers fortzuwachsen."

„Da die Kristallform nichts anderes ist als der Ausdruck der Kristallstruktur, d. i. der Art des regelmäßigen Aufbaues des Kristalls aus seinen Molekülen, so ist es klar, daß isomorphe Körper übereinstimmende Kristallstruktur besitzen müssen.

[1]) Die wesentlichen Teile der vorliegenden Ausführungen wurden auf der Arbeitstagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft in Berlin-Dahlem 1941 vorgetragen.

Aber die Analogie der chemischen Konstitution und die Übereinstimmung der Kristallstruktur sind noch nicht ausreichend für die Isomorphie zweier Körper, es muß notwendig noch hinzutreten eine gleiche Größe jener Zahl *n*, die uns angibt, welches Multiplum das Kristallmolekül ist gegenüber dem einfachen chemischen Molekül, wie es die Formel der Substanz darstellt. Diese Notwendigkeit ergibt sich aus der Eigenschaft der isomorphen Körper, in wechselnden Verhältnissen sich zu homogenen Kristallen zu mischen, also der Fähigkeit der Kristallmoleküle des einen, an dem Aufbau eines Kristalles des anderen gerade so teilzunehmen wie dessen Kristallmoleküle. Gleichgewicht eines solchen Aufbaues ist aber offenbar nur dann möglich, wenn die Größe der einzelnen Partikel, welche wir Kristallmoleküle nennen, im wesentlichen gleich ist. Zweierlei Moleküle von sehr verschiedener Molekulargröße können wohl, jede Art für sich, zu einem Aufbau von übereinstimmender Struktur sich vereinigen, aber niemals können sie miteinander gemischt einen homogenen Kristall liefern. Hierin dürfte wohl die einfache Erklärung für die Tatsache liegen, daß gewisse nicht chemisch analoge Körper, welche sehr ähnliche Kristallstruktur besitzen, wie Natronsalpeter und Kalkspat, zwar imstande sind, der eine auf den Kristallen des anderen als regelmäßige Fortwachsung zu kristallisieren, niemals aber isomorphe Mischungen zu liefern."

„Kristalle von Kalkspat wachsen also in Natronsalpeterlösung nicht fort wie ein Alaunkristall in der Lösung eines isomorphen Alauns, sondern es setzen sich auf ihm, wie auf einem beliebigen in der Lösung befindlichen fremden Körper, Kristalle von Natronsalpeter ab, nur mit dem Unterschiede, daß, wegen der Ähnlichkeit in der Orientierung der maximalen Anziehungskräfte der Kristallmoleküle beider Substanzen (welche offenbar auf einer gewissen Ähnlichkeit im atomistischen Aufbau dieser Moleküle beruht), zuerst einzelne Kristallmoleküle des salpetersauren Natriums unter dem Einflusse der oberflächlichen Moleküle des Kalkspatrhomboeders gezwungen werden, sich in paralleler Orientierung auszuscheiden; diese ziehen dann neue an, und so entsteht auf der Oberfläche des Kalkspats eine Anzahl meist isolierter Rhomboederchen von Natronsalpeter, welche sich sämtlich zu dem Kalkspatkristall in gesetzmäßiger Orientierung befinden."

„Bemühen sich manche Kristallographen, möglichst viele (zufällige) Ähnlichkeiten der Kristallformen von Körpern, welche weder chemisch noch in anderer Weise in irgendeiner Beziehung zueinander stehen, zu endecken, so wird sie niemand daran hindern, doch mögen sie die Resultate solcher Vergleichungen, welche ein wissenschaftliches Interesse kaum besitzen, nicht mit dem Namen ‚Isomorphie' belegen, einem Worte, welches von MITSCHERLICH für gewisse, oben näher bezeichnete chemische Verbindungen vorgeschlagen wurde. Eine Benutzung dieses in erster Linie einen chemischen Begriff bezeichnenden Wortes für andere Dinge, welche damit in gar keinem Zusammenhang stehen, ist vor allem deshalb unstatthaft, weil es die die Wissenschaft Lernenden nur verwirren kann."

II.

Dem Begriff der Isomorphie, wie ihn GROTH *ohne* Kenntnis der Kristallstrukturen (!) in klarer Sicht definierte, wurde von F. RINNE 1894 (4) der Begriff der Isotypie an die Seite gestellt und von C. HLAWATSCH 1913 (5) dahingehend präzisiert, daß er zweckmäßigerweise für Substanzen mit ähnlicher Kristallstruktur ohne Mischbarkeit verwendet werden sollte. HLAWATSCH schlug außerdem vor, Kristalle, welche keine ähnliche Struktur besitzen, aber dennoch Mischkristalle bilden, als homöomorph zu bezeichnen.

Nachdem in den Jahren ab 1926 von V. M. GOLDSCHMIDT (6) und ab 1930 von F. MACHATSCHKI (7) die klassische Fassung des Begriffes Isomorphie als nicht mehr völlig ausreichend verlassen worden war, aber auch die neueren Vorschläge unberücksichtigt blieben, entstand in der Literatur eine gewisse Unsicherheit, denn dieser Begriff wurde nunmehr, wie vor 1874, in verschiedenem Sinne und für verschiedene Eigenschaften der kristallinen Materie verwendet. F. MACHATSCHKI sprach auch von einer Isomorphie der Atome, z. B. von „Isomorphie" des fünfwertigen Arsens mit Silizium im Berzeliit $NaCa_2(Mg, Mn)_2[AsO_4]_3$ und Granat $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$, obgleich sich dieser Begriff von jeher auf die Kristallarten als Ganzes bezogen hatte.

Dies alles gab den Anlaß, daß ich mich ab 1936 (8) dafür einsetzte, den allbekannten Begriff der Isomorphie doch auch in Strukturarbeiten allein im klassischen Sinne verwenden zu wollen und zur weiteren Präzisierung struktureller Verwandtschaftsgrade den Begriff der Isotypie zu Hilfe zu nehmen. Gegen diesen Vorschlag hat F. MACHATSCHKI gelegentlich Stellung genommen, hat sich aber später den Vorschlägen von 1936 und 1937 weitgehend angeschlossen; er schreibt in einem Referat über die Arbeit „Vergleichende röntgenographische und morphologische Untersuchung von Andalusit, Libethenit und Adamin" (8) folgendermaßen:

„Zum Schluß setzt sich Verf. noch mit dem Begriff Isomorphie auseinander; er möchte Kristallarten, die zwar dem gleichen Bautypus angehören, deren Bestandteile aber von verschiedener Wertigkeit sind und die noch dazu erfahrungsgemäß nur in beschränktem Maße Mischkristalle miteinander bilden, nicht als isomorph, sondern als isotyp bezeichnen. Dem Ref. erscheint diese Unterscheidung nicht glücklich, da RINNE den Begriff der Isotypie viel weiter gefaßt hat — er nennt ja auch Mg und ZnO noch isotyp! Ref. pflegt solche gleichgebaute Kristalle, die bei gewöhnlicher Temperatur in erheblichem Maße Mischkristalle miteinander bilden, ohne Rück-

sicht auf die Wertigkeit der Bestandteile als isomorph im engeren Sinne zu bezeichnen; solche mit gleichem Kristallbau, aber ohne weitgehende Mischkristallbildung auch bei gleicher Wertigkeit der Bestandteile, wie z. B. NaCl und KCl, als isomorph im weiteren Sinn." Später (1941) schreibt gleichfalls F. MACHATSCHKI (9): „Durchaus vertretbar ist jedoch, daß man unter Aufgabe der alten, unnötig gewordenen Begriffsauffassung von RINNE gleichgebaute Stoffe bei verschiedenem Bindungscharakter (z. B. Edelgase—Edelmetalle, NaCl—PbS, Be_2SiO_4—Ge_3N_4, NaCl—TiC) nicht mehr als isomorph, sondern als isotyp bezeichnet. Daß wir heute wohl den Wunsch hätten, ganz allgemein statt eines auf die Gestaltsgleichheit anspielenden Wortes ein die Baugleichheit betonendes zu benutzen, kann angesichts der tiefen Eingewöhnung in den von MITSCHERLICH geprägten Begriff keine Rolle spielen."

III.

Isotypie. Wir schließen uns der Auffassung von P. v. GROTH an, daß die *„Analogie der chemischen Konstitution und die Übereinstimmung der Kristallstruktur"* noch nicht ausreichend für die Isomorphie zweier Kristallarten sind, und verwenden hierfür die Bezeichnung *Isotypie.* Damit ist keine bindende Aussage über die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Mischkristallbildung gemacht, sondern lediglich zum Ausdruck gebracht, daß die betreffenden Kristallarten dem *gleichen Formel-* und *Strukturtypus* angehören. Isotypie besteht beispielsweise zwischen Bleiglanz (PbS), Steinsalz (NaCl) und Periklas (MgO), zwischen Wurtzit (ZnS), Jodargyrit (AgJ) und Zinkit (ZnO), zwischen Natronsalpeter ($NaNO_3$), Kalkspat ($CaCO_3$) und $ScBO_3$, zwischen Chrysoberyll Al_2BeO_4, Olivin $(Mg, Fe)_2SiO_4$, Triphylin $Li(Fe, Mn)PO_4$ usw. usw.

Tabelle 1. Isotypie ohne Mischkristallbildung[1]).

a) Große Differenzen der Atom- und Ionenradien bei sonst ähnlichen Polarisationseigenschaften[2]):

Cu—Pb	(Kupferstruktur)
BeS—HgS	(Zinkblendestruktur)
MgS—PbS	(Steinsalzstruktur)
LiF—RbF	„
NaF—NaJ	„

b) Große Unterschiede der Polarisationseigenschaften[2]) (dazu vielfach auch wesentliche Differenzen der Atom- und Ionenradien):

C—α-Sn (Diamantstruktur)
Ge_3N_4—Be_2SiO_4 (Phenakitstruktur)
FeS_2—MnS_2 (Pyritstruktur)
CSi—ZnS—CuCl (Zinkblendestruktur)
AlN—ZnS—AgJ—BeO (Wurtzitstruktur)
TiC—PbS—NaCl—MgO (Steinsalzstruktur)
$NaNO_3$—$CaCO_3$—$InBO_3$ (Kalkspatstruktur)
$CaMg[CO_3]_2$—$CaSn[BO_3]_2$ (Dolomitstruktur)
KNO_3—$CaCO_3$ (Aragonitstruktur)
$PbK_2[SO_4]_2$—$Ca_2[PO_4]_2$
$CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$—$YPO_4 \cdot 2\,H_2O$ (Gipsstruktur)
$AlPO_4$—Si_2O_4 (= SiO_2, Quarzstruktur)
Al_2BeO_4—$LiMnPO_4$—Mg_2SiO_4—Na_2BeF_4 (Olivinstruktur)
$Mg_2P_2O_7$—$Sc_2Si_2O_7$ (Thortveititstruktur)
$Cu_2[OH|PO_4]$—$Al_2[O|SiO_4]$ (Andalusitstruktur)
$CaBe[OH|PO_4]$—$CaB[OH|SiO_4]$ (Datolithstruktur)
$CaMg[F|AsO_4]$—$CaTi[O|SiO_4]$ (Titanitstruktur).

[1]) Es ist durchaus denkbar, daß unter extremen PT-Verhältnissen im einen oder anderen Falle Mischkristallbildung erzielt werden kann.

[2]) Umfassend Bindungscharakter und Wertigkeit (bzw. Feldeigenschaften).

IV.

Isomorphie (E. MITSCHERLICH 1819). Nach P. v. GROTH sind 2 Kristallarten isomorph, wenn sie „analoge Zusammensetzung haben, in demselben Kristallsystem mit sehr ähnlichen Winkeln der Flächen kristallisieren und die Fähigkeit besitzen, *sich in variierenden Verhältnissen zu homogenen Kristallen* (isomorphen Mischkristallen) *zu mischen*". Die Forderung „gleiches Kristallsystem mit sehr ähnlichen Winkeln der Flächen" bringen wir heute besser durch die Forderung „gleicher oder ganz ähnlicher Kristallstruktur" zum Ausdruck und sagen somit: *Isomorph sind Kristallarten vom gleichen (oder ganz ähnlichen) Formel- und Strukturtypus, welche zur Bildung homogener Mischkristalle befähigt sind und somit das Kennzeichen engster chemischer Verwandtschaft tragen.* Isomorphie besteht zwischen Silber und Gold, zwischen Forsterit (Mg_2SiO_4) und Fayalit (Fe_2SiO_4), zwischen Pyrop $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ und Almandin $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$, zwischen Albit $Na[AlSi_3O_8]$ und Anorthit $Ca[Al_2Si_2O_8]$ usw.; Steinsalz (NaCl) und Sylvin (KCl) bilden bei erhöhter Temperatur homogene Mischkristalle und sind somit bei höherer Temperatur gleichfalls isomorph.

Um zu vermeiden, daß 2 Verbindungen, deren eine spurenweise in den Kristallen der anderen beobachtet wird und möglicherweise nur submikroskopische mechanische Verunreinigungen bildet, bereits als isomorph bezeichnet werden, habe ich 1937 vorgeschlagen, daß man Mineralien, soweit experimentelle Untersuchungen unbekannt sind, erst dann als isomorph (oder begrenzt isomorph) benennen sollte, wenn Mischkristalle mit mehr als etwa 5 % (molekular) der Fremdkomponente bekanntgeworden sind. Ist man sich mangels hinreichender Untersuchungsergebnisse und auch etwa auf Grund kristallchemischer Überlegungen nicht im klaren, ob man bei speziellen Verbindungen nur von Isotypie oder bereits von Isomorphie sprechen soll, so kann es nie ein Fehler sein, allein die Bezeichnung „isotyp" zu verwenden. Isotypie ist ja stets die notwendige Voraussetzung für die Isomorphie, und wenn nachträglich in einem Einzelfall, etwa zwischen YPO_4 und $ZrSiO_4$ eindeutige Mischkristallbildung bekannt wird, so ist das Kristallpaar eben nicht nur als isotyp, sondern im Laufe des Fortschrittes zusätzlich als begrenzt (oder auch unbegrenzt) isomorph bekanntgeworden. Da es bei der Isomorphie als Kriterium engster chemischer Verwandtschaft letzten Endes auf die thermodynamische Stabilität der Mischsysteme ankommt, müssen selbst bei

homologen Kristallarten — so bei den Sulfaten, Phosphaten, Silikaten — die Verhältnisse von Fall zu Fall studiert werden. Für YPO_4 und $ZrSiO_4$ sind homogene Mischkristalle bekannt geworden; sie sind demnach, obgleich bei tieferer Temperatur Neigung zur Entmischung besteht, als isomorph zu bezeichnen. Für $LiMnPO_4$ und Mg_2SiO_4, $Cu_2[OH|PO_4]$ und $Al_2[O|SiO_4]$, $CaMg[F|AsO_4]$ und $CaTi[O|SiO_4]$ usw. kennen wir lediglich die Tatsache, daß ein analoger Formel- und Strukturtypus vorliegt. Wir bezeichnen diese Kristalle nur als isotyp und berücksichtigen damit Unterschiede der chemischen Verwandtschaft, wie wir sie fast schon gefühlsmäßig zwischen den „isotypen" Phosphaten-*Silikaten* und den (nach MITSCHERLICH) isomorphen Phosphaten-*Arsenaten* zu kennen glauben.

Tabelle 2. Isomorphie (Isotypie mit Mischkristallbildung).

Ag—Au (Silber-Gold-Legierungen)
Os—Ir (Osmiridium)
NiAs—NiSb (Rotnickelkies—Breithauptit)
FeS_2—NiS_2 (Pyrit)
NiSbS—NiBiS (Ullmannit—Kallilith)
NaCl—(Na, Ag)Cl (Steinsalz)
UO_2—ThO_2 (Uranpecherz—Thorianit)
$MgAl_2O_4$—$ZnAl_2O_4$—$MgFe_2O_4$—Fe_3O_4—$MgCr_2O_4$—$FeCr_2O_4$ (Spinelle)
$MnTiO_3$—$FeTiO_3$ (Pyrophanit—Ilmenit)
$(Fe, Mn)Nb_2O_6$—$(Fe, Mn)Ta_2O_6$ (Niobit—Tantalit)
$Mg(OH)_2$—$Mn(OH)_2$ (Brucit—Pyrochroit)
$MgCO_3$—$FeCO_3$ . . . (Bitterspat—Eisenspat)
$CaCO_3$—$SrCO_3$—$BaCO_3$ (Aragonit—Strontianit—Witherit)
$CuSO_4$—$ZnSO_4$ (Hydrocyanit—Zinkosit)
$SrSO_4$—$BaSO_4$—$PbSO_4$ (Cölestin—Schwerspat—Anglesit)
$BaSO_4$—$KMnO_4$
$(Fe, Co, Cu)SO_4 \cdot 7\,H_2O$ (Fe-, Co-, Cu-Vitriole)
$(K, NH_4, Rb, Tl)Al[SO_4]_2 \cdot 12\,H_2O$ (Alaune)
$LiFePO_4$—$LiMnPO_4$ (Triphylin—Lithiophilit)
KH_2PO_4—KH_2AsO_4—$NH_4H_2PO_4$—$NH_4H_2AsO_4$ (MITSCHERLICH 1819)
$CaMg[OH|AsO_4]$—$CaZn[OH|AsO_4]$—$CaCu[OH|AsO_4]$—$PbCu[OH|AsO_4]$—$CaCu[OH|VO_4]$—$PbZn[OH|VO_4]$—$PbCu[OH|VO_4]$—$PbMn[OH|VO_4]$ (Descloizitgruppe)
$Ca_5[OH|(PO_4)_3]$—$Ca_5[OH|(PO_4, SO_4, SiO_4)_3]$—$Ca_5[OH|(SO_4, SiO_4)_3]$—$Ca_5[OH|(AsO_4)_3]$— . . . (Apatitgruppe)
Mg_2SiO_4—Fe_2SiO_4 (Olivine)
$Mg_3Al_2[SiO_4]_3$—$Fe''_3Al_2[SiO_4]_3$, $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$—$Ca_3Fe'''_2[SiO_4]_3$ (Granate)
$Sc_2[Si_2O_7]$—$Y_2[Si_2O_7]$ (Thortveitit—Thalenit)
$CaMg[Si_2O_6]$—$CaFe[Si_2O_6]$—$CaMn[Si_2O_6]$ . . . (Augite)
$Na[AlSi_3O_8]$—$Ca[Al_2Si_2O_8]$ (Albit—Anorthit, Plagioklase).

V.

Isotypie und Isomorphie unter Bildung oder Besetzung vakanter Gitterorte. Es gibt Kristalle, welche bei *ganz ähnlichem Strukturtypus verschiedenem Formeltypus* angehören, beispielsweise Mg_2SiO_4 und Li_3PO_4, β-PbF_2 und α-BiF_3, $MgAl_2O_4$ und MgO (= Mg_4O_4) usw. In den Mineralogischen Tabellen wurde hierfür die Bezeichnung „isotyp im weiteren Sinn" verwendet; H. O'DANIEL und L. TSCHEISCHWILI (10) würden auch die Bezeichnung „homöotyp" für berechtigt finden; man könnte auch von „Isotypie unter Bildung oder Besetzung vakanter Gitterorte" oder *„partieller Isotypie"* sprechen.

Wir wissen seit längerer Zeit, daß eine ganze Reihe derart verwandter Kristallpaare oder Kristallgruppen zur Bildung homogener Mischkristalle — naturgemäß nur partiell homogener Mischkristalle, in denen geometrisch identische Punktlagen teils besetzt, teils unbesetzt sind — befähigt sein können, z. B. CaF_2—YF_3, deren Mischkristalle Fluoritstruktur besitzen mit zusätzlichem Fluor in vakanten Gitterpositionen (V. M. GOLDSCHMIDT 1927, E. ZINTL und A. UDGÅRD 1939). Nach ZINTL und Mitarbeitern (11) gehören hierher auch SrF_2—LaF_3, CaF_2—ThF_4, CeO_2—La_2O_3, β-PbF_2—α-BiF_3, von denen letztere sogar zu lückenloser Mischkristallbildung befähigt sind. Gleichfalls partiell homogene Mischkristalle bilden $LiCl$—$MgCl_2$ (G. BRUNI und A. FERRARI 1927), $NiTe$—$NiTe_2$ (ST. TENGNÉR 1938), $Li(Fe'', Mn'')PO_4$—$(Fe''', Mn''')PO_4$ (P. QUENSEL 1938, Lit 12) u. a.

Sollen wir für diesen Grad kristallchemischer Verwandtschaft einen speziellen Namen, etwa „Homöomorphie" wählen oder nicht? — P. NIGGLI hat 1938 (16) folgende Definition der Kristall*art* gegeben: „Jede Kristallart entspricht einer kristallisierten Phase, und zu ein und derselben Kristallart ist alles zu rechnen, was sich phänomenologisch kontinuierlich ineinander überführen läßt." Es gehören demnach unter Bezugnahme auf das letzte Beispiel im vorhergehenden Absatz $LiFe''PO_4$ und $Fe'''PO_4$ verständlicherweise zur gleichen Kristallart; nehmen wir die Komponente $LiMn''PO_4$ hinzu, so haben wir ein System, in welchem der Typus eines total homogenen Mischkristalles neben dem eines partiell homogenen Mischkristalles gleichzeitig vertreten ist. Da sich schon heute eine Reihe analoger Mischsysteme anführen ließe und unter den Sulfid-, Phosphat-, Silikatmineralien u. a. sich noch zahllose Vertreter finden werden, wird es zweckmäßig sein, in der Bezeichnungsweise eine einheitliche Verwendbarkeit anzustreben und etwa nur von einer Isomorphie im weiteren Sinn zu sprechen. Der von A. NEUHAUS (14) bei der Behandlung der „anomalen Mischkristalle" verwendete Begriff „partielle Isomorphie" soll dort einen mehr geometrischen Sinn haben, könnte aber, wenn man sich darauf einigen würde, gut für Kristallarten, die zur Bildung partiell homogener Mischkristalle befähigt sind, verwendet werden.

VI.

Für die *Mischkristalle* als solche ist in Anlehnung an LAVES (23), WAGNER und SCHOTTKY (25), HÄGG (26), SEIFERT (13), NEUHAUS (14), STROCK (27) u. a. folgende rohe Einteilung zu geben:

I. Total homogene Mischkristalle, in denen die sich vertretenden Elemente Teilchen für Teilchen geometrisch identische Punktlagen des Kristallgitters in statistischer Verteilung einnehmen (= Mischkristalle I. Art).

II. Partiell homogene Mischkristalle, in denen geometrisch identische Punktlagen im gleichen Kristallindividuum teils besetzt, teils unbesetzt sind (= Mischkristalle II. Art, die möglicherweise in den Sulfid-, Phosphat- und Silikatmineralien eine noch kaum geahnte Verbreitung besitzen).

III. Anomale „Mischkristalle", in denen eine gittergeometrische Identität einzelner Komponenten nicht oder kaum mehr besteht (= „Mischkristalle" III. Art). Zur Unterteilung wird in erster Linie zu berücksichtigen sein, ob beide Komponenten Koordinations- oder Molekülverbindungen sind oder ob eine Koordinations- *und* eine Molekülverbindung vorliegen.

Tabelle 3. Arten der Mischkristalle.

Mischkristalle I. Art (entsprechend der Isomorphie):

Ag—Au
NiAs—NiSb
NaCl—KCl (bei hoher Temperatur)
$MgAl_2O_4$—$ZnAl_2O_4$ (Spinelle)
$Mg(OH)_2$—$Mn(OH)_2$
$MgCO_3$—$FeCO_3$
$CuSO_4$—$ZnSO_4$
$BaSO_4$—$KMnO_4$
$ZrSiO_4$—YPO_4
$LiFePO_4$—$LiMnPO_4$
KH_2PO_4—KH_2AsO_4
$PbZn[OH|VO_4]$—$PbCu[OH|VO_4]$
Mg_2SiO_4—Fe_2SiO_4 usw.

Mischkristalle II. Art (entsprechend der Isomorphie mit vakanten Gitterorten):

$NiTe$—$NiTe_2$
$LiCl$—$MgCl_2$
CaF_2—YF_3
SrF_2—LaF_3
CaF_2—ThF_4
β-PbF_2—α-BiF_3
CaO_2—La_2O_3
$MgAl_2O_4$—γAl_2O_3
$Li(Mn'', Fe'')PO_4$—$(Mn''', Fe''')PO_4$
$Li(Fe'', Mn'')PO_4$—$(Fe''', Mn''')PO_4$.

„Mischkristalle" III. Art (entsprechend der anomalen „Mischkristallbildung"):

NaCl—Murexid
KCl—Murexid
$BaNO_3$—Methylenblau
$PbNO_3$—Methylenblau
K_2SO_4—Ponceaurot
Phthalsäure—Methylrot
Phthalsäure—Methylenblau
Naphthalin—Naphthol—Naphthylamin
(vielleicht zwischen II und III stehend).

Für die *anomalen „Mischkristalle"*, mit denen sich in den letzten Jahren insbesondere H. SEIFERT (13) und A. NEUHAUS (14) befaßten, ist bereits von letzterem eine ausführlichere Klassifikation vorgelegt worden, doch zeigen meines Erachtens die noch in neuerer Zeit von NEUHAUS (24) als typisch anomal aufgefaßten Mischkristalle $LiCl$—$MgCl_2$, CaF_2—YF_3, ZnS—FeS u. a. eher das Verhalten durchaus *normaler* Mischkristalle; denn die thermodynamische Stabilität verschiedenen Grades und das damit ursächlich verknüpfte Auftreten von Mischungslücken oder einseitig bevorzugter Mischbarkeit sind ja auch in den homogenen Mischkristallen keineswegs eine Ausnahme und auch dort eine Folge geometrischer und energetischer Differenzerscheinungen. P. NIGGLI sagt im soeben (während der 2. Korrektur dieses Artikels) erschienenen I. Teil seines Lehrbuches der Mineralogie und Kristallchemie: „Von wirklichen anomalen Mischkristallen zu sprechen, hat nur dann einen Sinn, wenn ein scheinbar homogener Kristall irgendwie nachweisbar ein heterogenes Gemisch zweier kristalliner Konfigurationen darstellt."

VII.

Diadochie (15, 16). Die Bezeichnung Diadochie bezieht sich im Gegensatz zur Isomorphie nicht auf die Kristallarten als Ganzes, sondern auf einzelne Bausteine und bedeutet soviel wie *isomorphe Vertretbarkeit*. Diadoch sind beispielsweise Mg und Fe im Olivin $(Mg, Fe)_2SiO_4$, Na und Ca im Albit und Anorthit, PO_4 und AsO_4 in den Phosphaten und Arsenaten (nicht diadoch, sondern nur strukturell analog (!) sind Na und Mg in Na_3BeF_4 und Mg_2SiO_4); begrenzte Diadochie besteht zwischen Zn und Fe in der Zinkblende (ZnS), gekoppelte Diadochie zwischen NaSi und CaAl in den Plagioklasen (TSCHERMAK 1864), zwischen LiAl und MgMg in den Turmalinen (KUNITZ 1926) und überhaupt in vielen Silikaten, wie vor allem aus zahlreichen Arbeiten von B. GOSSNER und dessen Mitarbeitern (17) zu entnehmen ist.

Tabelle 4. Gekoppelte Diadochie in Silikaten.

$LiAl \rightleftarrows MgMg$	$H_2OSi \rightleftarrows KAl$
$LiFe''' \rightleftarrows MgMg$	$CaSi \rightleftarrows NaP$
$NaAl \rightleftarrows CaMg$	$YSi \rightleftarrows CaP$
$NaAl \rightleftarrows CaFe''$	$CeSi \rightleftarrows CaP$
$YNa \rightleftarrows CaCa$	$ZrSi \rightleftarrows YP$
$CaAl \rightleftarrows NaTi$	$MgH \rightleftarrows Al$ (?)
$CaAl \rightleftarrows CeFe''$	$NaH \rightleftarrows Ca$ (?)
$CaTi \rightleftarrows NaNb$	$TiO \rightleftarrows FeF$
$NaSi \rightleftarrows CaAl$	$3\,Fe'' \rightleftarrows 2\,Fe'''$ (im Tallaskit)
$KSi \rightleftarrows BaAl$	$2\,Mg \rightleftarrows 1\,Ti$ (im „Titanolivin"?)

Als Voraussetzung für die Diadochie wird (neben den lange bekannten Forderungen ähnlicher Bindungsart und gleicher Wertigkeitssumme) vor allem auch eine Ähnlichkeit in den Atom- bzw. Ionenradien notwendig, worauf zunächst F. ZAMBONINI 1922 (18), W. KUNITZ 1926 (19) und vor allem V. M. GOLDSCHMIDT 1924 und 1927 (20) hingewiesen haben. Wie an den Mineralien der Descloizitgruppe, etwa an $PbCu[OH|VO_4]$ zu beobachten war (21), scheint auch zu gelten, daß bei partieller Diadochie jede Teilchenart eher durch eine solche mit kleinerem als mit größerem

Radius, also eher Ca" durch Fe" im $CaCO_3$, weniger Fe" durch Ca" im $FeCO_3$, vertretbar ist. — In allgemeiner Fassung der Diagonalregel von V. M. GOLDSCHMIDT (1927) kann man sagen, daß Diadochie (unter Voraussetzung höchster Wertigkeitsstufe) hauptsächlich zwischen solchen Elementen besteht, deren Atomnummern sich um 1, 8, 1+8, 18, 1+18, 32 und 1+32 unterscheiden (22), also auch zwischen horizontal und diagonal benachbarten Elementen des periodischen Systems. — Der Erwähnung bedarf zum Schlusse noch die Diadochie unter Bildung oder Füllung vakanter Gitterorte, etwa der Ersatz von 3 Mg durch 2 Fe''' bzw. umgekehrt, wodurch die Entstehung der partiell homogenen Mischkristalle bewirkt wird, über deren vermutlich weite Verbreitung aber derzeit noch kaum weitere Angaben gemacht werden können.

Literatur.

1. H. STRUNZ, Mineralogische Tabellen. Leipzig 1941. — 2. P. v. GROTH, Tabellarische Übersicht der einfachen Mineralien. Braunschweig 1874. — 3. P. v. GROTH, Über die Molekularbeschaffenheit der Kristalle. München 1888. — 4. F. RINNE, N. Jb. Min. usw. 1, 1 (1894). — 5. C. HLAWATSCH, Z. Krist. **51**, 418 (1913). — 6. V. M. GOLDSCHMIDT, Naturwiss. **14**, 465 (1926). — 7. F. MACHATSCHKI, Z. Krist. **73**, 123 (1930). — 8. H. STRUNZ, Z. Krist. **94**, 60 (1936) — N. Jb. Min. usw. **1936** I, 488. — 9. F. MACHATSCHKI, Z. Krist. **103**, 224 (1941). — 10. H. O'DANIEL u. L. TSCHEISCHWILI, Z. Krist. **1942**, 124. — 11. E. ZINTL u. A. UDGÅRD, Z. allg. anorg. Chem. **240**, 150; **242**, 79 (1939). — 12. P. QUENSEL, Geol. Fören. Förhandl. **60**, 676 (1938). — 13. H. SEIFERT, Fortschr. Min. **19**, 103 (1935); **20**, 324 (1936). — 14. A. NEUHAUS, Z. Krist. **103**, 297 (1941). — 15. H. STRUNZ, Z. Krist. **96**, 7 (1937). — 16. P. NIGGLI, Mineralogische Probleme der Kristallstruktur. Leipzig 1938. — 17. B. GOSSNER u. Mitarb., Z. Krist. u. Zbl. Min. 1927—1937. — 18. F. ZAMBONINI, Rend. Accad. Lincei **31**, 295 (1922). — 19. W. KUNITZ, Zbl. Min. usw. **1926**, 376. — 20. V. M. GOLDSCHMIDT, Geochemische Verteilungsgesetze. Oslo 1924 und 1927. — 21. H. STRUNZ, Z. Krist. **101**, 496 (1939). — 22. H. STRUNZ, Fortschr. Min. usw. **19** (1935). — 23. F. LAVES, Z. Elektrochem. **45**, 1 (1939). — 24. A. NEUHAUS, Angew. Chem. **54**, 527 (1941). — 25. C. WAGNER u. W. SCHOTTKY, Z. physikal. Chem. Abt. B **11**, 163 (1931). — 26. G. HÄGG, Z. Krist. **91**, 114 (1935). — 27. L. W. STROCK, Z. Krist. **93**, 285 (1936).

Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Berlin, 5. März 1942.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Isotypie unter Besetzung vakanter Gitterorte. $Fe_2'''[PO_4]_2 \cdot 4H_2O$ und $Fe_3''[PO_4]_2 \cdot 4H_2O$.

Die früher an ganz verschiedenen Stellen der Systematik aufgeführten Mineralien *Phosphosiderit* $Fe'''PO_4 \cdot 2H_2O$ und *Phosphophyllit* $(Fe'', Zn, Mn)_3[PO_4]_2 \cdot 4H_2O$ besitzen überraschenderweise eine ganz analoge morphologische Metrik, so daß sie als aussichtsreiche Beispiele in die Reihe vergleichend struktureller Untersuchungen aufgenommen werden konnten. Phosphosiderit kristallisiert monoklin mit $a:b:c = 0{,}5456:1:0{,}8902$ und $\beta = 90° 36'$, Phosphophyllit gleichfalls monoklin mit $a:b:c = 1{,}0381:1:1{,}7437$ oder $2 \cdot 0{,}519:1:2 \cdot 0{,}872$, $\beta = 90° 28'$. Phosphosiderit wurde bereits früher untersucht[1]), die röntgenographische Untersuchung eines Phosphophyllitkristalles von Hagendorf i. Obpf. (mit Hilfe von Schwenk- und Pulveraufnahmen unter Verwendung von FeK-Strahlung) führte zu folgenden Ergebnissen:

Phosphosiderit	*Phosphophyllit*
$Fe_2'''[PO_4]_2 \cdot 4H_2O$	$(Fe'', Zn)_3[PO_4]_2 \cdot 4H_2O$
$a_0 = 5{,}28$ Å	$a_0 = 10{,}60 = 2 \cdot 5{,}30$ Å
$b_0 = 9{,}75$ Å	$b_0 = 5{,}09 = 1/2 \cdot 10{,}18$ Å
$c_0 = 8{,}71$ Å	$c_0 = 17{,}76 = 2 \cdot 8{,}88$ Å
$\beta = 90° 36'$	$\beta = 90° 28'$
$C_{2h}^2 - P2_1/m$	C_{2h}
Zellinhalt:	Halber Zellinhalt:
4 Fe''', 4 PO_4, 8 H_2O	6 (Fe'', Zn), 4 PO_4, 8 H_2O.

Pulveraufnahmen beider Mineralien zeigen fast identische Reflexabstände; größere Unterschiede sind nur in den Intensitäten vereinzelter Linien vorhanden. Damit ist vorläufig hinreichend sichergestellt, daß PO_4 und H_2O in beiden Verbindungen ein gleiches Grundgitter bilden, dessen oktaedrische Koordinationszentren das eine Mal (neben *freien* Gitterplätzen) durch 4 Fe''', das andere Mal durch 6 (Fe'' Zn besetzt sind, was eine Verdoppelung bzw. Halbierung der Identitätsperioden zur Folge hat. Es liegt eine *Isotypie unter Besetzung vakanter Gitterorte* vor. Weitere Ausführungen unter Einbeziehung von Hopeit, Parahopeit, Phosphoferrit und weiteren Mineralien von Hagendorf können erst später erfolgen.

[1]) H. STRUNZ u. K. v. SZTRÓKAY, Isodimorphie zwischen Metavariscit, Variscit, Phosphosiderit und Strengit. Zbl. Min. usw. A **1939**, 272.

Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Berlin, im März 1942. H. STRUNZ.

Über Kationenausscheidung im Harn beim ketonkörperbildenden Diabetes.

Die in acidotischen Zuständen der Diabetiker auftretenden Ketonkörper werden nicht gleichmäßig im Harn ausgeschieden, sondern in einem gewissen Tagesrhythmus[1]) [2]) [3]), der wahrscheinlich mit rhythmischen Schwankungen in der Leberfunktion zusammenhängt. Bezeichnend für diesen Krankheitszustand ist die Bildung von β-Oxybuttersäure und andern Ketonkörpern und ihre Ausscheidung im Harn. Es entsteht hierbei die Frage, ob die mit der Acidose verbundene gesteigerte Ausscheidung von metallischen Kationen, K, Na, Ca und Mg, als regulatorischer Vorgang aufgefaßt werden kann. Der rhythmische Verlauf der Vorgänge erleichtert die Aufgabe, weil er es ermöglicht, die etwaige Koinzidenz in der Ausscheidung und die Größe der „Ausscheidungswellen" zu vergleichen. Für die Berechnung der Ionenbilanz wurden alle Werte in Millimolprozent bzw. Milligrammatomprozent ausgedrückt. Von Anionen im Harn wurden Cl, PO_4, β-Oxybuttersäure, Zitronensäure und Brenztraubensäure mikrochemisch bestimmt. Von den Kationen wurden Ammoniak chemisch und Na, K und Ca spektralanalytisch (LUNDEGÅRDH-Methode) bestimmt. Harnproben von 12 Patienten wurden alle 2 Stunden genommen. Die Beobachtungen wurden 1—2 Wochen fortgesetzt.

Als Hauptergebnis der Untersuchung ging hervor, daß die Ausscheidung von Anionen und von Kationen teilweise synchron verläuft. Die Koinzidenz zeigt aber für die verschiedenen Kationen gewisse interessante Unterschiede, sowohl betreffs der zeitlichen Übereinstimmung wie betreffs der molaren Größe der Quantitäten.

Was zuerst die anorganischen Ionen anbetrifft, so wird in der Regel mehr Chlor als Phosphorsäure ausgeschieden. Die beiden Anionen kompensieren aber bei weitem nicht die Summe der metallischen Kationen. Von diesen überwiegt

an Quantität das Natrium sehr stark, und man kann allgemein sagen, daß nur ein kleiner Teil dieses Kations als NaCl ausgeschieden wird. Ein Teil der metallischen Kationen tritt als Bikarbonate auf, aber auch die HCO_3-Ionen reichen nicht aus, sondern man kann feststellen, daß ein wesentlicher Teil von organischen Verbindungen ausbilanziert wird. Im Verhältnis zu der β-Oxybuttersäure ist der Gehalt des Harns an Zitronensäure und Brenztraubensäure relativ gering. Wahrscheinlich treten außerdem bisher nicht analysierte organische Säuren im acidotischen Zustand auf. Die Untersuchungen werden an diesem Punkt fortgesetzt.

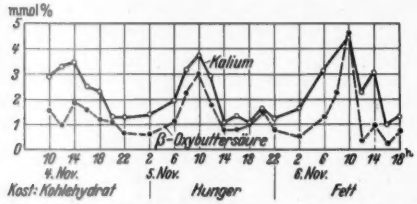


Fig. 1. Tagesrhythmus in der Ausscheidung von Kalium und β-Oxybuttersäure bei Ketonurie.

Die Ausscheidung von Ammoniak begleitet in großem Ausmaß die Ausscheidung von β-Oxybuttersäure. Eine Ausnahme bilden jedoch die Präcoma- und Comazustände. Das Natrium ergänzt vielfach den neutralisierenden Effekt des Ammoniums. Die „Natriumwellen" und die „Säurewellen" zeigen bisweilen mangelnden Synchronismus. Dies

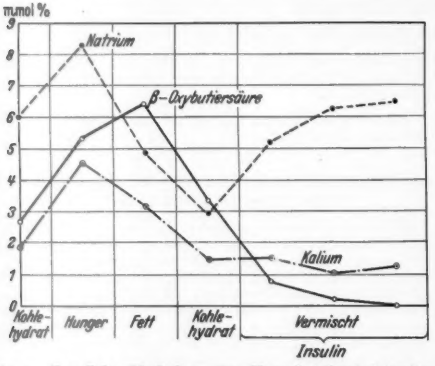


Fig. 2. Paralleles Verhalten von K und β-Oxybuttersäure bei Insulinwirkung. Na verhält sich abweichend. Tagesmittelwerte.

hat sicherlich zum Teil seinen Grund in der Na-Zufuhr durch die Nahrung. Die Na-Ausscheidung kann aber auch an Hungertagen sehr hoch ausfallen (vgl. Fig. 2), es scheint sich also in der Na-Ausscheidung um primäre Erscheinungen zu handeln. Ein bemerkenswerter Unterschied besteht zwischen Na und K einerseits, Ca andererseits. Die Ausscheidung von Calcium ist immer unbedeutend und verläuft im großen ganzen unabhängig von Tagesrhythmen.

Die Untersuchungen bilden eine Stütze der Annahme, daß die Kationen und die Anionen in getrennten zellulären Reaktionsketten ausgeschieden werden. Es besteht hier eine gewisse Ähnlichkeit mit den Akkumulierungsvorgängen in den Pflanzenwurzeln[4]). Die Anionenaufnahme ist hier mit einem aeroben Atmungsvorgang („Anionenatmung") gekoppelt. Es wurde schon früher die Vermutung ausgesprochen, daß auch bei der Ausscheidung von Anionen Atmungsvorgänge mit hineinspielen.

Während die Ausscheidung von Calcium gar nicht und die Ausscheidung von Natrium in sehr „übertriebener" Weise und zum Teil auch unvollständig mit der Säureausscheidung synchron verläuft, besteht ein auffallend guter Parallelismus zwischen der Ausscheidung von β-Oxybuttersäure und von Kalium (Fig. 1 u. 2). Diese Tatsache ist von besonderem Interesse, weil das Kalium biologisch eine Sonderstellung unter den metallischen Kationen einnimmt. Eine Reihe von Beobachtungen, z. B. die stark senkende Wirkung von K-Ionen, die nicht von Ca-Ionen „entgiftet" werden, auf das Grenzflächenpotential des Protoplasmas[5]), sprechen für die Annahme, daß K^+ zum Teil in anderer Weise als Na^+, Li^+, Ca^{++}, Mg^{++} usw. an der submikroskopischen Struktur haftet und deshalb in mehr spezifischer Weise in das Zellgetriebe eingreift. Man kann die Vermutung aussprechen, daß dieses spezifisch gebundene Kalium bei Störungen in den zellulären Oxydationsvorgängen, z. B. eben bei acidotischen Diabetikern, losgelassen wird. Die Verkettung der Kationenausscheidung mit der Anionenausscheidung äußert sich auch darin, daß zwischen der Zuckerausscheidung bei Glukosurie und der K-Ausscheidung kein Parallelismusbesteht.

Der von uns aufgefundene enge Zusammenhang zwischen der Kaliumausscheidung und der Ausscheidung von Ketonkörpern bei Ketonurie wirft neues Licht auf die Bedeutung der Mineralstoffbilanz für das Auftreten von Comazuständen. Von Kalium enthält das gesamte Blut[6]) des Menschen etwa 7 g, während die Leber[7]) etwa 3 g enthält. In einem Fall verlor ein Diabetiker im Präcoma 3 g Kalium in 6 Stunden. In Anbetracht des geringen Gehalts der Körperflüssigkeiten und des Blutserums[8]) an Kalium ist dieser schnelle K-Verlust sicherlich bedeutungsvoll. Parallel geführte Blutanalysen werden hierüber Klarheit schaffen. Vom Natrium wird bei Acidose verhältnismäßig noch mehr im Harn ausgeschieden. Blut und Leber enthalten etwa ebensoviel Na wie K, weil aber im Blut das meiste Na im Serum vorhanden ist und außerdem andernorts mehr Na-Reserven vorliegen, so wird die plötzliche Schwankung vielleicht weniger bedeutungsvoll als in bezug auf K. Weil K und Na sich nicht gleichsinnig verschieben (vgl. Fig. 2), so kann aber eine Störung in der K-Na-Bilanz eintreten.

Die Untersuchung eröffnet nach unserer Meinung neue Ausblicke auf die Bedeutung der Mineralbilanz Blut—Harn bei Diabetes. Die moderne quantitative Spektralanalyse eignet sich vorzüglich als Routinemethode für dergleichen Aufgaben.

Ultuna-Uppsala (Schweden), Pflanzenphysiologisches Institut, und Stockholm, Abteilung für Stoffwechselforschung, Wenner-Grens Institut, den 6. Juni 1942.

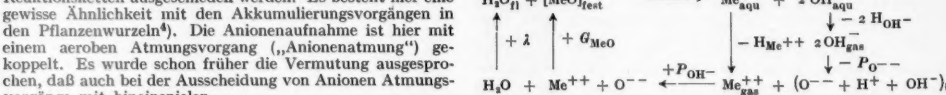
Henrik Lundegårdh. Jakob Möllerström.

[1]) J. Möllerström, Acta Soc. Medic. Suec. 56, 1 (1930).
[2]) J. Möllerström. Upsala Läk.för. Förh., N. F. 41, 287 (1935).
[3]) J. Möllertröm Verh. d. Gesellschaft f. Verdauungs- und Stoffwechsel-Krankheiten. XIV. Tagung in Stuttgart Sept. 1938.
[4]) H. Lundegårdh, Naturwiss. 23, 313 (1934) — Ann. Agric. Coll. Sweden 8, 234 (1940).
[5]) H. Lundegårdh, a. a. O. 1940.
[6]) E. Norinder, Biochem. Z. 1942 (im Druck).
[7]) H. Lundegårdh u. H. Bergstrand, Nova Acta Reg. Soc. Sc. Uppsal. Ser. IV 12, Nr 8 (1940).
[8]) E. Norinder, Upsala Läk.för. Förh., N, F, 45, 421 (1939).

Die Protonenaffinität von O^- und O^{--}, die Elektronenaffinität von O und O^-.

Die Protonenaffinität[1]) $P_{O^{--}}$ von O^{--} ist die Wärmetönung folgender Reaktion: $O^{--} + H^+ \rightarrow OH^-$.

(1) $P_{O^{--}} = L_{MeO} + G_{MeO} + P_{OH^-} - H_{Me^{++}} - 2\,H_{OH^-}$[2])



L: 18,3; 30; 36[3]). *G*: 831; 766; 727[4]). $\lambda_{H_2O} = 10$; $P_{OH^-} = 392$; $H_{Oh^-} = 111$[1])[5]). $H_{Me^{++}}$ berechnet sich aus den

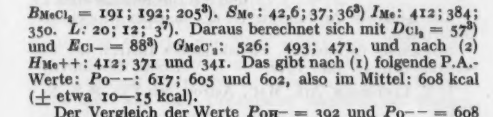
Gitterenergien und den ersten Lösungswärmen der Erdalkalihalogenide (z. B. aus den Chloriden) mit $H_{Cl^-} = 67$[1]): Die Gitterenergien werden aus den Bildungswärmen der Halogenide aus festem Metall und Chlorgas berechnet[6])

(2) $G_{MeCl_2} = B_{MeCl_2} + S_{Me} + D_{Cl_2} - 2\,E_{Cl\to Cl^-} + I_{Me\to Me^{++}}$.

$B_{MeCl_2} = 191$; 192; 205[3]). S_{Me}: 42,6; 37; 36[3]) I_{Me}: 412; 384; 350. L: 20; 12; 3[7]). Daraus berechnet sich mit $D_{Cl_2} = 57$[3]) und $E_{Cl^-} = 88$[8]) G_{MeCl_2}: 526; 493; 471, und nach (2) $H_{Me^{++}}$: 412; 371 und 341. Das gibt nach (1) folgende P.A.-Werte: $P_{O^{--}}$: 617; 605 und 602, also im Mittel: 608 kcal ($\pm$ etwa 10—15 kcal).

Der Vergleich der Werte $P_{OH^-} = 392$ und $P_{O^{--}} = 608$ zeigt, daß die Abspaltung eines Protons vom H_2O viel weniger Energie benötigt als die die Abspaltung des zweiten Protons von OH^-, weil im letzteren Falle noch die COULOMBsche Anziehung zwischen OH^- und H^+ dazukommt.

Mit Hilfe von $P_{O^{--}}$ läßt sich die Elektronenaffinität $E_{O\to O^{--}}$ von O berechnen:



(4) $E_{O\to O^{--}} = -P_{OH^-} - P_{O^{--}} + 2I_{H^+} + D_{H_2} + 1/2 D_{O_2} + B_{H_2O \text{ aus } H_2 \text{ u. } 1/2 O_2}$

$= -392 - 608 + 624 + 102{,}8 + 58{,}6 + 68{,}3 = -146$ kcal.

Dieser Wert ist in recht befriedigender Übereinstimmung mit dem von MAYER und MALTBIE[4]) aus der Gitterenergie und den Bildungswärmen der Metalloxyde aus $Me_{fest} + O_{gas}$ nach

(5) $B_{MeO} = -S_{Me} - I_{Me\to Me^{++}} + E_{O\to O^{--}} - G_{MeO}$

berechneten Wert $E_{O\to O^{--}} = 154$ kcal[8]). Eine weitere Stütze erhält dieser Elektronenaffinitätswert, wenn man mit dem Mittelwert $E = 150$ die E.A. von OH berechnet; und zwar mit der Wärmetönung $O + H \to OH$, $+W_{OH} = 104$[9]):

(6) $E_{OH\to OH^-} = E_{O^{--}} - I_{H\to H^+} + P_{O^{--}} - W_{OH}$

$= -150 - 312 + 608 - 104 = 42$ kcal.

Dieser Wert ist innerhalb der Ungenauigkeiten in ausgezeichneter Übereinstimmung mit dem von GOUBEAU und KLEMM[5]) aus den Bildungswärmen und Gitterenergien der Alkalihydroxyde berechneten Mittelwert $E_{OH} = 48$ kcal.

Der Vergleich der P.A. und E.A. von OH^- und OH (P.A. = 392 und E.A. = 45) mit der P.A. und E.A. von Cl^- und Cl (P.A. = 330 und E.A. = 86) zeigt, daß ein in den Kern eingebauter Wasserstoffkern sowohl in bezug auf die anziehende Wirkung auf ein Elektron als auch auf die abstoßende Wirkung auf ein sich näherndes Proton wirksamer ist als ein in die Hülle eingebautes H^+.

Die P.A. von O^- ist durch keinerlei Kreisprozesse thermochemisch zu bestimmen, sondern kann nur theoretisch berechnet werden, und zwar am besten in der für die Bindungsenergie der Halogenwasserstoffe aus H^+ und Hal^- von BORN und HEISENBERG[10]) angegebenen Weise:

(7) $P_{O^-} = -4/5 \frac{e^2}{r_{0_{OH}}} - 1/5 \frac{\alpha_{eff}}{2} \frac{e^2}{r^4_{0_{OH}}} - \frac{e^2(\alpha_{O^-} - \alpha_{eff})}{2 r^4_{0_{O^-}}}$.

Mit $r_{0_{OH}} = 0{,}97$ Å, $r_{0_{O^-}} = 1{,}38$ Å, $\alpha_{O^-} = 1{,}9 \cdot 10^{-24}$ und $\alpha_{eff} = 0{,}6 \cdot 10^{-24}$ [11]) ergibt sich $P_{O^-} = 356$ kcal. Ein diskutierender Vergleich von P_{O^-} mit $P_{O^{--}}$ und P_{Cl^-} vom Standpunkt der Kernladung, des Elektronenhüllenradius u. dgl. ist auf einfacher klassischer Grundlage nicht möglich, da O^- nur sieben Außenelektronen, also eine unvollständige Außenschale im Gegensatz zu O^{--} und Hal^- hat.

Aus P_{O^-} ergibt sich die Elektronenaffinität $E_{O\to O^-}$.

(8) $E_{O\to O^-} = W_{OH} + I_{H^+} - P_{O^-} = 104 + 312 - 360 = 56$ kcal.

Dann ist $E_{O^-\to O^{--}} = -150 - 56 = -206$ kcal[12]). Die Elektronenaffinitäten $E_{O\to O^{--}}$ und $E_{O^-\to O^{--}}$ sind stark negativ infolge der Arbeitsleistung zum Heranführen des Elektrons an O^-, wodurch der Energiegewinn bei der Besetzung der freien 2p-Elektronenplätze überkompensiert wird[13]).

Zusammenfassung: $P_{O^{--}} = 608$ kcal; $P_{O^-} = 356$ kcal; $E_{O\to O^{--}} = -150$ kcal; $E_{O\to O^-} = 56$ kcal; $E_{O^-\to O^{--}} = -206$ kcal und $E_{OH\to OH^-} = 45$ kcal. Die zum Teil miteinander gekoppelten Werte sind nicht mehr als auf etwa $\pm$ (10 bis 20) kcal genau.

Würzburg, Physikalisch-Chemische Abteilung des Chemischen Instituts, den 23. Juni 1942. GÜNTHER BRIEGLEB.

---

[1]) Vgl. G. BRIEGLEB, Naturwiss. 30, 436 (1942).

[2]) *L:* Erste Lösungswärme, *G:* Gitterenergie, *λ:* Innere Verdampfungswärme, *H:* Hydratationswärme, *B:* Bildungswärme, *S:* Sublimationswärme, *E:* Elektronenaffinität, *I:* Ionisierungsenergie. Positives Vorzeichen gilt, wenn Wärme frei wird (exotherme Reaktionen). Die Zahlenangaben sind alle kcal.

[3]) Aus LANDOLT-BÖRNSTEIN, Tabellen. Die Reihenfolge der Zahlen ist immer Ca, Sr, Ba.

[4]) J. E. MAYER u. M. MCC. MALTBIE, Z. Physik 75, 748 (1932).

[5]) Vgl. auch J. GOUBEAU u. W. KLEMM, Z. physik. Chem. B 36, 362 (1937).

[6]) A. E. VAN ARKEL u. S. H. DE BOER, Chemische Bindung als elektrostatische Erscheinung. Hirzel 1931.

[7]) Berechnet aus den Lösungswärmen nach E. LANGE, Landolt-Börnstein 3, 2792, und den Verdünnungswärmen, E. LANGE u. A. STREECK, Z. physik. Chem. A 152, 1 (1931).

[8]) Die von MAYER-MALTBIE, loc. cit., angegebene Genauigkeit $\pm$ 50 kcal dürfte wesentlich besser sein, etwa $\pm$20 kcal, wenn man von der besonders unsicheren Gitterenergie des MgO absieht, mittelt sich $E_{O\to O^{--}}$ aus 165, 149 und 147 zu 154 kcal.

[9]) B. LEWIS u. G. v. ELBE, J. chem. Phys. 2, 63 (1935).

[10]) M. BORN u. W. HEISENBERG, Z. Physik 23, 388 (1924). Vgl. G. BRIEGLEB, Naturwiss. 29, 644 (1941).

[11]) Berechnet aus $\mu_{OH} = e \cdot r_{0_{OH}} - \alpha_{eff} \cdot \frac{e}{r^2_{0_{OH}}}$ mit einem Dipolmoment $\mu_{HO} = 1{,}5\ D$.

[12]) Die dem seinerzeitigen Stand der Kenntnisse angepaßten andersartigen Berechnungen von H. SENFTLEBEN, Z. Physik 37, 539 (1926), dürften durch unsere Werte überholt sein.

[13]) Vgl. auch H. G. GRIMM, Handbuch der Physik 24/2, 2. Aufl.

Über eine quantenmechanische Behandlung von Atomstößen.

Ehe man eine quantenmechanische Theorie der Verbreiterung von Spektrallinien[1]) schaffen kann, muß man den Stoß zweier Atome oder Moleküle quantenmechanisch behandeln können. Ein geeigneter Ausgangspunkt für eine solche Untersuchung ist FAXÉN-HOLTSMARKS[2]) Theorie für den Stoß zwischen einem Elektron und einem Atom. Doch ist der Stoßvorgang zwischen zwei Atomen oder Molekülen aus zwei Gründen sehr kompliziert. Erstens ist die Dipolenergie zwischen zwei Atomen nicht so handlich wie FAXÉN-HOLTSMARKS einfache Zentralkräfte. Zweitens haben die Atome und Moleküle im allgemeinen eigene Impulsmomente, deren Orientierungen vom Stoße beeinflußt werden. Bei der strengen Behandlung des Stoßes kann man LONDONS[3]) Berechnung der VAN DER WAALSschen Kräfte nicht unverändert verwenden, sondern muß diese Berechnung gleichzeitig mit der übrigen Störungsrechnung aufs neue ausführen. Es zeigt sich jedoch, daß die Form der endgültigen Differentialgleichungen verhältnismäßig einfach wird.

Wir wollen die Quantenzahlen der Impulsmomente folgendermaßen bezeichnen: j_a gehört zum ersten Atom, j_b gehört zum zweiten Atom, j_R ist deren Resultante, i ist das Impulsmoment der Translation im Sinne von FAXÉN und HOLTSMARK, j ist die Resultante von j_R und i, und schließlich bedeutet m die Komponente von j längs einer Z-Achse. Wenn ψ eine (orthonormale) Eigenfunktion aller Impulsmomente ist und A nur vom Atomabstand R abhängig ist, kann man entwickeln:

$$\Psi = \sum_{j_a j_b j_R i j m} A(j_a j_b j_R i j m) \cdot \psi(j_a j_b j_R i j m).$$

Wenn man dies in die SCHRÖDINGER-Gleichung einsetzt und eine Störungsrechnung ausführt, die LONDONS Berechnung der VAN DER WAALSschen Kräfte ähnelt, erhält man:

$$\frac{h^2}{8\pi^2 M}\left[\frac{d^2}{dR^2}+\frac{2}{R}\frac{d}{dR}+k^2-\frac{i(i+1)}{R^2}\right]A\,(j_a j_b j_R i\,|\,j\,m)=$$
$$=-\sum_{j'_R i' j'_a j'_b j'_R i'} A\,(j_a j_b j'_R i''\,|\,j\,m)\,\frac{(j_a j_b j_R i\,j\,m\,|\,V\,|\,j'_a j'_b j'_R i'\,j\,m)\,(j'_a j'_b j'_R i'\,j\,m\,|\,V\,|\,j_a j_b j''_R i''\,j\,m)}{E\,(j'_a j'_b)-E\,(j_a j_b)}\,.$$

Der Nenner enthält eine Energiedifferenz wie bei allen Störungsrechnungen zweiter Ordnung. V ist die Dipolwechselwirkung

$$V=\frac{e^2}{R^3}\,[x_a x_b+y_a y_b-2z_a z_b]$$
$$=\frac{e^2}{R^3}\cdot\left[(\mathfrak{r}_a\cdot\mathfrak{r}_b)-\frac{3}{R^2}(\mathfrak{r}_a\cdot\mathfrak{R})(\mathfrak{r}_b\cdot\mathfrak{R})\right].$$

Die Matrixelemente von V berechnet man mit Formeln von GÖTTINGER und PAULI[4]).

Man kann die Rechnungen auch für den Fall gleichartiger Atome durchführen. Dadurch kann man erklären, warum die Eigendruckverbreiterung der Rubidiumlinie 7800 Å viel größer ist als die der Linie 7948 Å. Das experimentelle Verhältnis ist 1,8[5]) und das theoretische etwa 1,6.

Die genauere Ausführung erfolgt in einer Stockholmer Dissertation.

Stockholm (Schweden), Physikalisches Institut der Universität, den 25. Juni 1942. EINAR LINDHOLM.

[1]) E. LINDHOLM, Ark. Mat., Astron. och Fys. **28** B, Nr 3 (1942).
[2]) H. FAXÉN u. J. HOLTSMARK, Z. Physik **45**, 307 (1927). — Vgl. N. F. MOTT u. H. S. W. MASSEY, Theory of Atomic Collisions. S. 24. Oxford Press 1933.
[3]) F. LONDON, Z. Physik **63**, 245 (1930).
[4]) P. GÖTTINGER u. W. PAULI, Z. Physik **67**, 743 (1931).
[5]) CH'EN SHANG-YI, Physic. Rev. **58**, 884 (1940).

Besprechungen.

GERLACH, WALTHER und ELSE RIEDL, **Die chemische Emissions-Spektralanalyse.** III. Teil. Tabellen zur qualitativen Analyse. 2., verb. Aufl. Leipzig: J. A. Barth 1942. IX, 154. Preis: brosch. RM. 6.—.

Das Erscheinen der 2. Auflage der Tabellen zur qualitativen Analyse (des III. Teiles der Sammlung „Die Chemische Emissions-Spektralanalyse") von W. GERLACH und E. RIEDL, knapp 6 Jahre nach der ersten Auflage, zeigt die wachsende Verbreitung der spektralanalytischen Methoden und die Beliebtheit dieses grundlegenden Tabellenwerkes. Die Methoden der Emissions-Spektralanalyse haben sich gerade in den letzten Jahren in Forschungs- und Industrielaboratorien weitgehend durchgesetzt und spielen erst recht im Zeichen der Wehrwirtschaft eine gar nicht hoch genug zu schätzende Rolle. Daß trotz der geradezu stürmischen Entwicklung dieses Zweiges der analytischen Verfahren in dem seit dem ersten Erscheinen des Werkes verstrichenen Zeitraum dieses im wesentlichen unverändert bleiben konnte, beweist, wie weitgehend schon in der 1. Auflage die Erfordernisse der qualitativen Emissions-Spektralanalyse an eine Zusammenstellung der Analysenlinien und der jeweils in Frage kommenden Störungslinien fremder Elemente erfüllt waren. So sind die von E. RIEDL ausgearbeiteten Tabellen sowie die erläuternden Texte, nur durch einzelne Ergänzungen und Berichtigungen verbessert, fast unverändert beibehalten worden. Eine Korrektur der Wellenlängen nach Neumessungen der Zwischenzeit konnte als unerheblich unterbleiben. Dagegen wurde das Buch ergänzt durch die Aufnahme eines neuen Abschnittes (VI.), der den von PFEILSTICKER eingeführten Nachweis von Nichtmetallen im Niederspannungsfunken durch besondere Tabellen berücksichtigt. Von der Angabe von Störungslinien wurde hier abgesehen, die Wellenlängen und Ionisationsstufen dieses Abschnittes wurden nach der Wellenlängentabelle von KAYSER-RITSCHL (2. Auflage) angegeben.

Im Vorwort wird eine Reihe von Fragen grundsätzlicher Art, die an die Verfasser gestellt wurden, wie nach der Spaltbreite, der relativen Intensität, der Art der Funkenlichtquelle, beantwortet. — Die Ausstattung des Bandes, einseitiger Druck der Tabellen mit reichlichem Raum für Notizen sowie ein Sonderabdruck der Übersichtstabelle über alle Analysenlinien sind die gleichen wie bei der 1. Auflage. Durch bewußten Verzicht auf Umänderungen und Erweiterungen in seiner Handlichkeit unverändert, wird das bewährte Werk, das aus reicher praktischer Erfahrung entstanden ist, immer weiteren Kreisen in Wissenschaft und Technik ein unentbehrliches und sicheres Hilfsmittel der Spektralanalyse sein. R. RITSCHL.

HUMMEL, JOH. NEP., **Der natürliche Ablauf der Entropievermehrung und die Lebenserscheinungen.** Leipzig: Akad. Verlagsges. Becker und Erler K.G. 1942. 128 S. Preis RM 6.40.

Das Ziel des vorliegenden Bändchens ist, einen Beitrag zur Vereinheitlichung des Gesamtwissens auf dem Gebiet der Naturwissenschaften zu liefern und insbesondere die Biologie und die Erscheinungen des „Lebens" mit der Physik zu verschmelzen. Es wird versucht, diese Vereinheitlichung an Hand des natürlichen Ablaufs der Entropievermehrung durchzuführen, die sich auf alle Erscheinungen erstreckt. Es soll „ein Atlas des Mikro- und des Makrokosmos angefertigt werden, in dem die Verteilung und der Wechsel der zeitlichen Differentialquotienten der Entropie verzeichnet sind und der eine entsprechende Orientierung in Raum und Zeit gestattet" (S. 3). Dieses Ziel ist sehr hoch gesteckt, und man kann sich dessen Verwirklichung auch nur schwer vorstellen. Der Verf. macht in dieser Richtung auch nur die ersten Schritte und vermittelt nicht die Überzeugung, daß auf diesem Wege weitere Erfolge zu erreichen sein werden. So sehr jeder Versuch der Vereinheitlichung des wissenschaftlichen Weltbildes zu begrüßen ist, wobei man sich nicht auf die Gesamtheit der Naturwissenschaften beschränken sollte, so darf die Schwierigkeit dieser Aufgabe doch keinesfalls unterschätzt werden.

Neben der Entropievermehrung betrachtet der Verf. die Änderung der freien Energie. Die dadurch bedingte Beschränkung auf isotherme Vorgänge oder auf Kreisprozesse mit gleicher Anfangs- und Endtemperatur hält der Verf. ohne Beeinträchtigung der Allgemeingültigkeit seiner Behauptungen für statthaft. Jede Abnahme der freien Energie führt dabei zu einer „Entwertung" der Energie.

Alle Naturerscheinungen werden in bezug auf ein bestimmtes System oder ein „Individuum" in zwei Bestandteile aufgespalten: in ein im Durchschnitt stationär ablaufendes Geschehen und in ein dynamisch wirkendes Geschehen. Die erste Gruppe, die mit einer im Durchschnitt konstant bleibenden Entropievermehrung und Energieentwertung verbunden ist, umfaßt die Erscheinungen, die als „Systemfunktionen" bezeichnet werden; hierzu werden alle Vorgänge gezählt, die aus einzelnen, gleichmäßig über die Zeit verteilten Kreisprozessen bestehen. Zur zweiten Gruppe gehören alle

Vorgänge, die den gleichmäßigen Ablauf der Systemfunktionen stören und das Gefüge der „Individuen" sowie den Charakter der Systemfunktionen dauernd wandeln; diese Vorgänge werden als „Gefügeänderungen" oder „Systemwandlungen" bezeichnet. Durch sie wird die mittlere Intensität der Entropievermehrung und Energieentwertung gesteigert oder gemindert und damit das Gesicht der Welt gewandelt. Die beiden Gruppen der Erscheinungen werden als „Leben" und „Entwicklung" bezeichnet, wobei aber diese Begriffe nicht nur auf das Organische angewendet werden. Im Kulturleben entsprechen ihnen die „konservative" und die „fortschrittliche" Tendenz. Alles Existierende soll in dieser doppelten Weise am zeitlichen Ablauf der Entropievermehrung beteiligt sein; Dasein und Gestalt, Einheit und Harmonie eines jeden Dinges hängt von der besonderen Art seiner Mitwirkung an der Entwertung der Energie ab. Der Verf. betont ausdrücklich (S. 10), daß er bei dieser Zergliederung den Boden der exakten, auf Erfahrung und Logik gegründeten Wissenschaft und einer der mathematischen Behandlung zugänglichen Beweisführung nicht verlassen will. Leider fehlt aber im weiteren jeder Versuch eines solchen mathematischen Ansatzes, der Verf. beschränkt sich vielmehr auf eine rein beschreibende Erläuterung seiner Gedanken.

Beispiele von „Systemfunktionen" werden allen Zweigen der Naturwissenschaft und der menschlichen Gesellschaft entnommen; doch soll es sich dabei nicht um Gleichnisse, sondern um physikalisch definierte Erscheinungen und energetische Realitäten handeln. Das gleiche gilt für die Auswahl der Beispiele von Gefügeänderungen, zu denen Geburt, Wachstum, Reifen, Altern, Sterben, der radioaktive Atomzerfall, die Abkühlung der Planeten, Erdbeben, klimatische Veränderungen, Explosionen, Erosionen, Korrosionen, Leidenschaften, Ausschweifungen, Revolutionen, Kriegsausbrüche, Erfahrung, Wissen u. dgl. gezählt werden.

Der Verf. betont, daß es sich bei der Unterscheidung von Systemfunktionen und Gefügeänderungen nur um eine begriffliche Trennung handelt; tatsächlich gibt es in der Natur keine zeitliche oder räumliche Trennung beider Gruppen von Vorgängen. Er hält es für wahrscheinlich, daß die Systemfunktionen irgendwie immer zu Gefügeänderungen führen, es sei auch in der Praxis oft nur durch Beobachtung längerer Zeiträume möglich zu entscheiden, um welche Art von Erscheinung es sich handelt. Dadurch wird immerhin der Wert dieser Methode etwas problematisch. Die Systemfunktion artet in einen idealen Grenzfall aus (z. B. reibungslose Maschine). Oft hängt es allerdings von dem Bezugssystem ab, ob man es mit einer Systemfunktion oder einer Gefügeänderung zu tun hat; so bedeutet z. B. der Stoffwechsel der Tiere für diese eine Systemfunktion, für die verzehrten Nahrungsmittel aber eine Gefügeänderung.

Als Bezugssystem erscheint das betrachtete „Individuum". Es ist dies ein örtlich begrenztes und zeitlich veränderliches Gebilde, das Träger von Kreisprozessen und Systemfunktionen ist und durch diese seinen Charakter erhält. Für die Begriffe der Systemfunktionen, Gefügeänderungen und Individuen besteht kein Unterschied zwischen den Objekten der Physik und der Biologie. Der Verf. tritt insbesondere der Auffassung entgegen, als ob im Organischen die Entropievermehrung langsamer verliefe als im Anorganischen oder gar negativ sei; die Bildung von Energiespeichern und die hierbei auftretende örtliche Entropieverminderung leite stets neue intensive Entwertungsprozesse ein (S. 66); so ist die Aufspeicherung von freier Energie durch Organismen stets mit dem Stoffwechsel gekoppelt. Trotz der engen Kopplung empfiehlt der Verf., das stationäre und dynamische Geschehen stets voneinander zu scheiden, weil man dadurch „ein völlig neues und reizvolles Bild von dem Leben und Treiben in der Welt gewinnt, das die Grundlage für gänzlich neuartige Forschungen und Einsichten abgibt ... Wer dieses Bild zu schauen vermag, wird etwas nicht weniger Schönes sehen als ein vom Maler geschaffenes Kunstwerk". Dieser Vergleich mag sehr reizvoll sein, er darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß der eingangs erwähnte Plan des Verf., einen Atlas der zeitlichen Entropievermehrung im Mikro- und Makrokosmos anzufertigen, damit noch nicht zur Ausführung gebracht wird und es dem Leser selbst überlassen bleibt, dieses Bild zu „erschauen".

Neben den Individuen und den sich darin abspielenden Vorgängen wird im folgenden auch noch die „Umwelt" betrachtet. Jede Systemfunktion und Gefügeänderung innerhalb eines Individuums findet ihren Ergänzungsprozeß im Außenraum, von dem sie nur begrifflich getrennt werden können. Systemfunktion und Ergänzungsprozeß können „aktiv" oder „passiv" verlaufen, je nachdem ob sie mit einer Zunahme oder Abnahme der Entropie verbunden sind. Sind beide Vorgänge aktiv, dann liegt der Fall der „Harmonie" vor. Ein Individuum, bei dem zwischen dem Ganzen und seinen Aufbausteinen nur harmonische Bindungen bestehen, bezeichnet man als „Lebewesen". Den Unterschied zwischen einer Maschine und einem Lebewesen sieht der Verf. noch darin, daß eine Maschine ohne Systemfunktion weiterbestehen kann (Stillstand), während ein Lebewesen sich dabei auflöst; zur Erhaltung des Lebens muß der Stoffwechsel unaufhaltsam weitergehen. Die Maschinen haben einen Zweck für ihre Umwelt, die Lebewesen sind „Selbstzweck".

Nach Ansicht des Verf. müssen die Aufbausteine der Organismen wieder Lebewesen sein. Daraus folgt konsequent, daß auch Atome, Moleküle und Kristalle aktiv handelnde Lebewesen mit einem Stoffwechsel sind. Der Begriff des Lebewesens wird also viel weiter gefaßt, als allgemein üblich ist. Dem Unbelebten gehören dann nur Dinge ohne spezifische Form und Struktur an, z. B. Maschinen, Gebrauchsgegenstände, Ausscheidungsprodukte usw. Neben der physikalischen Grundlegung der Biologie ergibt sich also die Möglichkeit einer biologischen Auffassung von Physik und Chemie. Die Einheit der Naturwissenschaft wird also nicht einseitig erstrebt.

Die Schlußfolgerungen, die der Verf. in den beiden letzten Kapiteln „Fortschritt und Rückschritt" und „Das Ziel der Entwicklung" aus seinen Überlegungen zieht, erscheinen dem Ref. bedenklich. Alle Gefügeänderungen, die zu einer Beschleunigung der Energieentwertung führen, werden als „Aufwärtsbewegung" bezeichnet und sind „nützlich". Eine Verlangsamung der Energieentwertung bedeutet somit eine Abwärtsentwicklung und ist „schädlich". Die tatsächliche Entwicklung soll die Tendenz haben, das Integral der Energieentwertung über Raum und Zeit möglichst zu steigern. Daraus muß gefolgert werden, daß die tatsächliche Entwicklung des Naturgeschehens denkbar „nützlich" und „fortschrittlich" sei, was hier aber offenbar eine bloße Definition und Ansicht ist. Abgesehen davon, daß eine solche pragmatische Auffassung naturwissenschaftlich unbegründet ist, scheint es auch sinnwirdrig, eine möglichst große Energieentwertung als nützlich zu bezeichnen. Nach der Definition des Verf. wäre eine Maschine dann am

nützlichsten, wenn sie einen möglichst schlechten Wirkungsgrad hat. Zumindesten bei den denkenden Lebewesen sollte das Bestreben darauf gerichtet sein, mit der verfügbaren freien Energie sparsam umzugehen und ihre Entwertung im Rahmen der gewünschten Entwicklung einzudämmen. In dieser Richtung liegen alle Bestrebungen der Energiewirtschaft, die man doch nicht als schädlich bezeichnen darf.

Wenn daher auch die Überlegungen des Verf. zum Nachdenken anregen und sich das Werk durch die lebendige Darstellung und die flüssige Sprache vorteilhaft auszeichnet, so kann es doch nur kritisch eingestellten Lesern zum Studium empfohlen werden.

R. Plank.

EULER, HANS v. und BOL. SKARZYNSKI, **Biochemie der Tumoren.** Stuttgart: Ferdinand Enke 1942. VII, 260 S. Mit 8 Abb. und 39 Tab. Preis geh. RM 16.—, geb. RM 17.30.

Von den verschiedensten Arbeitsrichtungen der Biochemie, Biologie und Medizin wird heute versucht, das Krebsproblem einer Lösung zuzuführen. Die Zahl der Arbeiten, welche sich experimentell mit dem Studium des Krebsproblems beschäftigen, hat im letzten Jahrzehnt immer mehr zugenommen, so daß es schon für den auf diesem Gebiet Arbeitenden schwer ist, alle Arbeiten zu verfolgen. Um wieviel schwerer ist es für den Außenstehenden, sich in dieses Gebiet einzuarbeiten und sich ein klares Bild von dem gegenwärigen Stand der Krebsforschung zu verschaffen. Eine Zusammenfassung der bis jetzt erzielten Ergebnisse ist daher nur zu begrüßen. Man kann den Verff. des vorliegenden Buches dankbar sein, daß sie sich dieser Aufgabe unterzogen haben und diese Aufgabe unter Berücksichtigung der Ergebnisse und Fortschritte aller Arbeitsrichtungen ausgezeichnet gelöst haben.

Im Abschnitt „Allgemeine Biologie der Tumoren" werden nach einem einleitenden Kapitel über „Das Wesen und die Einteilung der Tumoren", „Allgemeine Bedingungen des Tumorwachstums", „Experimentelle Krebsforschung", „Die chemischen Stoffe in den Tumoren" und „Die Enzymsysteme und der Stoffwechsel in den Tumoren" behandelt. — Der zweite Abschnitt beschäftigt sich mit dem „Stoffwechsel im krebskranken Organismus", der dritte Abschnitt über die „Entstehung der malignen Tumoren" bringt als einzelne Kapitel: „Cancerogene Substanzen und stoffliche Noxen", „Einfluß der Hormone auf Bildung und Entwicklung der Tumoren", „Tumorviren" und „Mutation und Entstehung der Krebszellen durch Strahlen und durch chemische Reize". Der vierte Abschnitt: „Hemmung und Rückbildung der Tumoren" ist unterteilt in die Kapitel: „Hemmung der Tumorentwicklung durch chemische Stoffe und durch Organextrakte", „Ernährung und Krebs" und „Natürliche und hervorgerufene Immunität". Der letzte Abschnitt: „Die chemische Carcinomdiagnose" gibt einen Überblick über die Grundlagen der einzelnen Reaktionen und ihre Spezifität.

Bei der Reichhaltigkeit des behandelten Stoffes ist es natürlich unmöglich, alle Probleme vollkommen ausführlich zu behandeln. Durch zahlreiche Hinweise auf zusammenfassende Arbeiten und Originalliteratur wird es aber dem Leser leicht gemacht, sich selbst mit den einzelnen Fragen eingehender zu beschäftigen. Das Buch ist keine der üblichen Zusammenfassungen, sondern es ist ein kritischer Rechenschaftsbericht über unser heutiges Wissen in bezug auf das Krebsproblem, es zeigt den Fortschritt und die Erfolge, die bis jetzt erzielt worden sind, es zeigt aber auch die Schwierigkeiten und die Widersprüche, die noch vorhanden sind. Das in klarer und anregender Form geschriebene Buch kann nur empfohlen werden.

Heinz Dannenberg, Berlin-Dahlem.

DANNENBERG, A., **Geologie der Steinkohlenlager.** II. völlig neu bearbeitete Auflage. I. Bd. 1. Tl. Mit einem Beitrag von Dr.-Ing. Karl Patteisky. Berlin: Gebr. Borntraeger 1941. IV, 317 S. und 79 Abb. Preis brosch. RM 17.60.

Bald nach dem Abschluß des umfassenden dreibändigen Werkes „Geologie der Steinkohlenlager" des bekannten Verfassers ergab sich die Notwendigkeit, den ersten Band einer Neubearbeitung zu unterziehen, lag doch infolge widriger Zeitumstände zwischen dem Erscheinen des ersten (1915) und dem des zweiten (1935) bzw. dritten (1937) Bandes ein Zeitraum von mehr als 20 Jahren. Gerade der erste Band des weitverbreiteten Handbuches umfaßt mit der Behandlung der paläozoischen Steinkohlenlager Europas (außer Rußland) in etwa die wirtschaftlich wichtigsten Vorkommen dieses Minerals, es ist daher sehr zu begrüßen, daß der Verf. unter Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse die Bearbeitung nochmals in Angriff genommen hat.

Der jetzt herausgekommene erste Teil umfaßt nach einleitenden allgemeinen Bemerkungen aus den „Kohlenbecken vom westeuropäischen Typus" die Steinkohlenvorkommen Deutschlands sowie der Niederlande.

Der allgemeine Teil bringt Ausführungen zum Wesen und zur Entstehung der Kohle, ferner zur Petrographie sowie zur geographischen und geologischen Verteilung der Kohlenlager. Der Fortschritt der Erkenntnis gegenüber der Darstellung der ersten Auflage ist hierbei besonders augenfällig.

Der spezielle Teil beginnt mit der Schilderung der Steinkohlenlagerstätten Deutschlands. Einen breiten Raum nimmt das niederrheinisch-westfälische Kohlenbecken ein, das unter vielfacher Heranziehung der großen Monographie Kukuks (1938) behandelt wird. Die Besprechung des Osnabrücker Karbons, der Aachener Kohlenbecken sowie des Saarreviers und der niederschlesischen Kohlenvorkommen schließt sich an. Das oberschlesische Steinkohlenbecken hat in Dr.-Ing. K. Patteisky einen erfahrenen und sachkundigen Bearbeiter gefunden. Mit den sächsischen Vorkommen, einigen kleineren Becken innerhalb Deutschlands sowie den Steinkohlenlagerstätten des Protektorats Böhmen-Mähren schließt die Behandlung der Steinkohlenschätze des deutschen Raumes ab.

Die Steinkohlenvorkommen der Niederlande werden getrennt nach den Bereichen Süd-Limburg, Nord-Limburg (Peelgebiet) und Gelderland sowie Oberijssel behandelt.

Die streng sachliche Darstellung des Verf. beruht auf reichen eigenen Erfahrungen sowie auf der kritischen Auswertung des umfangreichen einschlägigen Schrifttums, glücklich ergänzt durch zahlreiche zeichnerische Darstellungen. Die sorgfältig geprüften Vorratsziffern geben einen raschen Überblick über die ungefähre Leistungsfähigkeit der einzelnen Reviere.

Das Buch ist, wie die erste Auflage gezeigt hat, als Nachschlagewerk in Kreisen des Bergbaus, der Geologie und der Wirtschaft unentbehrlich. Es bleibt nur zu hoffen, daß das Erscheinen des zweiten Teils trotz der erschwerten Zeitumstände nicht lange auf sich warten lassen möge.

Dora Wolansky.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Berlin.